



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 09 641 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 21 D 24/14**

②① Aktenzeichen: P 43 09 641.7  
②② Anmeldetag: 25. 3. 93  
②③ Offenlegungstag: 30. 9. 93

DE 43 09 641 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
27.03.92 DE 42 10 053.4 10.06.92 DE 42 18 954.3

⑦① Anmelder:  
Mannesmann Rexroth GmbH, 97816 Lohr, DE

⑦② Erfinder:  
Kordak, Rolf, 8770 Lohr, DE; Reinert, Michael, 8770  
Lohr, DE; Maxeiner, Thassilo, 8780 Gemünden, DE

⑤④ Hydraulischer Antrieb für eine Presse, insbesondere für eine Blechformpresse

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf einen Antrieb für eine Presse, insbesondere für eine Blechformpresse, die einen auf und ab bewegbaren Pressenstößel und einen hydraulisch verfahrbaren Gegenhalter aufweist. Der Gegenhalter ist in einem Vorschub in Richtung auf den Pressenstößel zu über mindestens einen Hydrozylinder von einer ersten hydrostatischen Maschine und in einem Rückhub vom Pressenstößel bewegbar. Bei bekannten Pressen wird während des Rückhubs des Gegenhalters das Druckmittel unter Aufrechterhaltung eines bestimmten Druckes über ein Druckbegrenzungsventil oder ein Drosselventil aus dem Hydrozylinder verdrängt.

Es soll die Energiebilanz des Antriebs einer solchen Presse verbessert werden. Dies wird dadurch erreicht, daß die erste hydrostatische Maschine insbesondere als Axialkolbenmaschine und insbesondere beidseitig schwenkend mit einer Druckregelung ausgebildet ist und daß zumindest während eines Teils des Rückhubs des Gegenhalters Druckmittel aus dem Hydrozylinder über eine zweite hydrostatische Maschine abströmt.

DE 43 09 641 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 93 308 039/669

22/46

Die Erfindung geht aus von einem hydraulischen Antrieb für eine Presse, insbesondere für eine Blechformpresse, die einen auf und ab bewegbaren Pressenstößel und einen hydraulisch verfahrbaren Gegenhalter aufweist, der in einem Vorhub in Richtung auf den Pressenstößel zu über mindestens einen Hydrozylinder von einer ersten, hydrostatischen Maschine und in einem Rückhub vom Pressenstößel bewegbar ist.

Eine Blechformpresse mit einem Pressenstößel und einem Gegenhalter und mit einem hydraulischen Antrieb mit den vorgenannten Merkmalen ist z. B. aus der DE-AS 20 43 967 bekannt. Bei dieser Presse wird beim Vorhub des Gegenhalters von einer Pumpe Öl in den Hydrozylinder gepumpt. Wenn der Gegenhalter seine Endlage erreicht hat, wird über Steuerventile die Druckmittelzufuhr von der von einem Elektromotor angetriebenen Pumpe zum Zylinder unterbrochen. In dem Zylinder muß ein bestimmter Druck aufrechterhalten werden, wenn der Gegenhalter während des Rückhubs von dem Pressenstößel verdrängt wird. Es ist allgemein bekannt, das Druckmittel dazu über ein Druckbegrenzungsventil, ein Drosselventil oder ein Proportionalventil in den Druckmittelbehälter abfließen zu lassen. Druckschriftlich ist dies z. B. in der EP 0 173 755 B1 geoffenbart. Beim Abfließen des Druckmittels durch das Druckbegrenzungsventil oder das Drosselventil wird dort viel Wärme erzeugt, die ungenutzt verlorengeht. U.U. ist sogar eine Kühlung und somit zusätzlicher Bauaufwand notwendig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen hydraulischen Antrieb für eine Presse, insbesondere für eine Blechformpresse zu schaffen, bei dem die Energiebilanz gegenüber herkömmlichen Antrieben verbessert ist, d. h. bei dem die Verluste an nichtnutzbarer Energie vermindert sind.

Diese Aufgabe wird durch einen hydraulischen Antrieb gelöst, der die Merkmale aus dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufweist und bei dem gemäß dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 die erste hydrostatische Maschine insbesondere als Axialkolbenmaschine und insbesondere beidseitig schwenkend mit einer Druckregelung ausgebildet ist und daß zumindest während eines Teils des Rückhubs des Gegenhalters Druckmittel aus dem Hydrozylinder über eine zweite hydrostatische Maschine abströmt. Durch die Druckregelung der ersten hydrostatischen Maschine wird erreicht, daß diese Maschine nur das zum Ausgleich der Leckverluste notwendige Öl fördert, wenn der Gegenhalter am Ende des Vorhubs gegen einen Anschlag gefahren ist, und daß während des Rückhubs des Gegenhalters im Hydrozylinder der notwendige Druck aufrechterhalten wird. Gleichzeitig kann durch die zweite hydrostatische Maschine, die über den Pressenstößel auf den Hydrozylinder übertragene Energie zurückgewonnen und zum Antrieb des Pressenstößels genutzt oder ins elektrische Netz eingespeist werden.

Bevorzugte Ausgestaltungen eines erfindungsgemäßen hydraulischen Antriebs für eine Presse kann man den Unteransprüchen entnehmen.

Während Druckmittel aus dem Hydrozylinder über die zweite hydrostatische Maschine strömt, ist diese Maschine natürlich mit einem ersten Anschluß mit dem Hydrozylinder verbunden. Je nachdem, ob der Druck am zweiten Anschluß der zweiten Maschine höher oder niedriger als der Gegenhaltedruck im Hydrozylinder ist, arbeitet die zweite Maschine dann als Hydromotor oder

als Hydropumpe, wobei in beiden Fällen die Energiebilanz verbessert wird. Beim Arbeiten als Hydromotor gibt die zweite Maschine Leistung ab, beim Arbeiten als Hydropumpe muß weniger Energie in sie eingesteckt werden, da das aus dem Hydrozylinder kommende Druckmittelvolumen nur vom Gegenhaltedruck aus auf das höhere Druckniveau am zweiten Anschluß der zweiten Maschine gebracht werden muß.

Vorteilhafterweise ist die hydrostatische Maschine für den Gegenhalter gemäß Anspruch 3 auch mit einer mengenabhängigen Steuerung versehen, der die Druckregelung übergeordnet ist. Dies bedeutet, daß während des Vorhubs der Zylinder mit konstanter, aber durch Änderung des Schwenkwinkels der hydrostatischen Maschine einstellbarer Geschwindigkeit bewegt wird.

Manchmal wünscht man, daß der Gegenhalter im Vorhub schnell und im Rückhub zusammen mit dem Pressenstößel langsam bewegt wird. Während des Vorhubs ist dann ein großes Ölvolume pro Zeiteinheit zu fördern. Um nicht eine erste hydrostatische Maschine mit einem sehr großen Hubvolumen verwenden zu müssen, kann man während des Vorhubs den Gegenhalter durch Beaufschlagung des Kolbens zumindest eines ersten Hydrozylinders mit Druck bewegen. Der Kolben zumindest eines zweiten Hydrozylinders wird während des Vorhubs vom Gegenhalter mitgeschleppt, wobei der Druckraum des zweiten Hydrozylinders unabhängig vom Förderstrom der ersten hydrostatischen Maschine mit Druckmittel füllbar ist. Die erste hydrostatische Maschine muß dann nur das Ölvolume für den oder die ersten Hydrozylinder fördern. Die Ansprüche 4 und 5 beziehen sich nun auf Ausführungen, bei denen während des Rückhubs des Gegenhalters Druckmittel aus dem Druckraum des zweiten Hydrozylinders oder Druckmittel aus dem ersten Hydrozylinder oder Druckmittel sowohl aus dem zweiten Hydrozylinder als auch aus dem ersten Hydrozylinder über eine zweite hydrostatische Maschine abströmt. Zum Befüllen unter Umgehung der ersten hydrostatischen Maschine und zum Leeren über eine zweite hydrostatische Maschine ist der Druckraum des zweiten Hydrozylinders gemäß Anspruch 6 über ein erstes, zum Druckraum hin öffnendes Rückschlagventil befüllbar und über ein zweites Ventil mit einem Anschluß der zweiten hydrostatischen Maschine verbindbar. Dieses zweite Ventil kann in besonders einfacher Weise ein zum Druckraum hin sperrendes Rückschlagventil sein. Will man allerdings die Möglichkeit haben, den Druckraum des zweiten Hydrozylinders ganz absperren zu können, um den Gegenhalter in einer gehobenen Position stillzusetzen, so kann das zweite Ventil auch ein umgekehrt eingebautes, entsperresbares Rückschlagventil oder ein 2/2-Wege-Einbaventil sein.

In der bevorzugten Ausführung nach Anspruch 8 ist die erste hydrostatische Maschine, von der der Gegenhalter in einem Vorhub bewegbar ist, zugleich auch die zweite hydrostatische Maschine, über die während des Rückhubs Druckmittel aus dem Hydrozylinder abströmt. In diesem Zusammenhang soll explizit darauf hingewiesen werden, daß hier und in den sonstigen Teilen der Anmeldung der Ausdruck "zweite hydrostatische Maschine", "dritte hydrostatische Maschine", usw. keineswegs bedeutet, daß auch zwei, drei, usw. hydrostatische Maschinen vorhanden sind. Die Charakterisierung einer hydrostatischen Maschine als erste, zweite, dritte, usw. soll lediglich in Kurzform ein bestimmtes technisches Merkmal der hydrostatischen Maschine kennzeichnen. Besitzt eine hydrostatische Maschine zu-

gleich mehrere derart gekennzeichnete technische Merkmale, so ist diese hydrostatische Maschine zugleich z. B. erste und zweite oder z. B. zweite und dritte.

Die während des Rückhubs dem Hydrozylinder entnommene Energie kann z. B. über einen die zweite hydrostatische Maschine im Pumpenbetrieb antreibenden Elektromotor, der insbesondere ein Drehstrommotor ist, in das Stromnetz zurückgegeben werden. Günstiger erscheint es jedoch, wenn gemäß Anspruch 9 die Energie direkt zum Antrieb des Pressenstößels ausgenutzt wird. Damit kann die stark verlustbehaftete Umwandlung der Energie in elektrische Energie vermieden werden.

Bei den hydraulischen Antrieben gemäß den Ansprüchen 10 und 11 ist es möglich, zumindest einen Teil der dem Hydrozylinder entnommenen Energie ohne den Weg über eine mechanische Koppelung oder den Umweg über elektrische Energie zu nutzen.

In der bevorzugten Ausführung nach Anspruch 12 ist die erste hydrostatische Maschine mit einer Antriebseinheit für den Pressenstößel zur Drehmomentübertragung mechanisch gekoppelt, so daß eine Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie noch leichter vermieden werden kann.

Wegen der gegenüber einem Elektromotor besseren dynamischen Eigenschaften einer verstellbaren hydrostatischen Maschine, die eine gute Steuerung und Regelung zulassen, und wegen der großen Leistungsdichte umfaßt die Antriebseinheit für den Pressenstößel vorteilhafterweise eine dritte verstellbare hydrostatische Maschine, mit der dann gemäß Anspruch 13 die erste hydrostatische Maschine, von der der Gegenhalter im Vorhub bewegbar ist, zur Drehmomentübertragung mechanisch gekoppelt ist.

Wird der Pressenstößel mechanisch, insbesondere über einen Kurbeltrieb, bewegt, so ist vorteilhafterweise gemäß Anspruch 14 zusätzlich zur dritten hydrostatischen Maschine eine vierte hydrostatische Maschine vorgesehen, die hydraulisch mit der dritten hydrostatischen Maschine und mechanisch mit dem Pressenstößel gekoppelt ist.

Die vierte hydrostatische Maschine im Antriebsstrang des Pressenstößels behält ihre Drehzahl besonders genau bei, wenn sie sekundärgeregelt ist, wobei der Antriebsstrang des Pressenstößels dann auch einen Hydrospeicher enthalten kann.

Neben den Pressen mit einem mechanisch bewegbaren Pressenstößel gibt es andere Pressen, bei denen der Pressenstößel von einem Hydrozylinder mit einem Preßkolben, der eine Preßzylinderkammer und eine Rückhubzylinderkammer voneinander trennt, in einem Vorhub und in einem Rückhub bewegbar ist. Eine dritte hydrostatische Maschine, die mit der ersten hydrostatischen Maschine zur Drehmomentübertragung mechanisch gekoppelt ist, ist dann mit einem Ausgang bevorzugt mit der Preßzylinderkammer verbindbar, wobei von der dritten hydrostatischen Maschine zumindest während des Preßvorgangs Öl aus einem Ölsammelbehälter in die Preßzylinderkammer förderbar ist. Die im Motorbetrieb der ersten oder dritten hydrostatischen Maschine zurückgewonnene Energie wird also mit zum Aufbau eines Drucks in der Preßzylinderkammer bzw. im Hydrozylinder des Gegenhalters ausgenutzt. Ein mit den beiden hydrostatischen Maschinen verbundener Elektromotor muß dann nur eine geringe Leistung aufbringen. Evt. kann innerhalb bestimmter Zeitabschnitte sogar noch Energie in das Stromnetz eingespeist werden.

So wie es vorteilhaft ist, die potentielle Energie des Gegenhalters nutzbar zu machen, so erscheint dies auch im Hinblick auf den Pressenstößel günstig, sofern dieser während seines Vorhubs zunächst in einem Vorlauf sich allein aufgrund seines Gewichts nach unten bewegt. Dann ist bevorzugt gemäß Anspruch 17 die erste hydrostatische Maschine außer mit einer dritten noch mit einer fünften, volumenstromumkehrbaren hydrostatischen Maschine, insbesondere einer über Null verschwenkbaren Axialkolbenmaschine, mechanisch gekoppelt, und die fünfte hydrostatische Maschine ist mit einem ersten Ausgang an die Rückhubzylinderkammer anschließbar, wobei über die fünfte hydrostatische Maschine während des Vorlaufs des Pressenstößels Öl aus der Rückhubzylinderkammer verdrängbar ist.

Der hydraulische Antrieb kann so gestaltet sein, daß die im Motorbetrieb von der fünften hydrostatischen Maschine abgegebene Leistung direkt zum Antrieb der ersten hydrostatischen Maschine genutzt wird, wenn diese während des Vorlaufs des Pressenstößels den Gegenhalter anhebt. Der zweite Ausgang der fünften hydrostatischen Maschine kann dann an den Ölsammelbehälter angeschlossen sein. Man kann den zweiten Ausgang der fünften hydrostatischen Maschine jedoch auch an die Preßzylinderkammer anschließen, so daß das aus der Rückhubzylinderkammer verdrängte Öl in die Preßzylinderkammer fließt. In die Preßzylinderkammer, die üblicherweise größer als die Rückhubzylinderkammer ist, ist dann nur die Differenz zwischen dem Volumen der Preßzylinderkammer und dem Volumen des aus der Rückhubzylinderkammer verdrängten Öls an Ölvolumen anderweitig z. B. durch die dritte hydrostatische Maschine, nachzufüllen. Die dritte hydrostatische Maschine kann dann kleiner sein als in einem anderen Fall, in dem sie allein die Preßzylinderkammer füllt.

Ist die von der fünften hydrostatischen Maschine während der Verdrängung des Öls aus der Rückhubzylinderkammer abgebbare Leistung nicht augenblicklich nutzbar, oder ist die Nutzung zu einem anderen Zeitpunkt günstiger, weil dies zu einer Vergleichmäßigung der Leistungsaufnahme des Elektromotors führt, so ist es vorteilhaft, wenn gemäß Anspruch 20 der zweite Ausgang der fünften hydrostatischen Maschine an einen Hydrospeicher angeschlossen ist. Bevorzugt wird dabei eine Ausführung, bei der die Rückhubzylinderkammer zum Ölsammelbehälter über ein steuerbares Ventil entlastbar ist, das nur während des Arbeitsspiels des Pressenstößels offen ist, und bei der während des Arbeitsspiels der Hydrospeicher von der fünften hydrostatischen Maschine über das Ventil über den während des Vorlaufs des Pressenstößels erreichten Zustand hinaus aufladbar ist. Dabei wird der Schwenkwinkel der fünften hydrostatischen Maschine vorteilhafterweise auf einen kleinen Wert begrenzt, so daß die Leistungsaufnahme nur gering ist.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen hydraulischen Antriebs enthält der Anspruch 23. Danach ist die zweite hydrostatische Maschine mechanisch mit dem Pressenstößel gekoppelt. Ein erster Anschluß dieser Maschine ist mit einem Druckmittelvorratsbehälter verbunden. Außerdem sind ein zweiter Anschluß dieser Maschine, der Hydrozylinder des Gegenhalters und die Druckseite der ersten, druckregelbaren und von einem Motor antreibbaren hydrostatischen Maschine miteinander verbunden. Für den hydrostatischen Antrieb sowohl des Gegenhalters als auch des Pressenstößels sind jetzt nur zwei hydrostatische Maschinen benutzt. Der hydraulische Antrieb

wird zweckmäßigerweise so ausgelegt, daß über die erste, druckregelbare hydrostatische Maschine, die beidseitig schwenkend ausgebildet sein kann, kein Druckmittel zum Druckmittelvorratsbehälter verdrängt wird. Würde nämlich Druckmittel über sie verdrängt, so würde auch die erste hydrostatische Maschine als Motor arbeiten und über den mit ihr verbundenen Elektromotor Leistung an das elektrische Netz zurückgeben. Die Umwandlung mechanischer Energie in elektrische Energie ist jedoch mit großen Verlusten behaftet, weshalb eine solche Einspeisung von Energie ins elektrische Netz ungünstiger als eine sofortige Nutzung oder eine Speicherung der hydraulischen Energie erscheint.

Die erste, druckregelbare Maschine soll am zweiten Anschluß der zweiten hydrostatischen Maschine einen quasi stationären Druck aufrechterhalten. Um den Gegenhalter trotzdem langsam verfahren zu können, ist gemäß Anspruch 24 zwischen dem zweiten Anschluß der zweiten Maschine und der Druckseite der ersten Maschine einerseits und dem Hydrozylinder andererseits ein vorzugsweise einstellbares Stromventil angeordnet, das in die eine Bewegungsrichtung des Hydrozylinders wirksam und in die andere Bewegungsrichtung unwirksam ist. Diese Unwirksamkeit in die andere Bewegungsrichtung wird gemäß Anspruch 25 sehr einfach dadurch erreicht, daß im Bypass zu dem Stromventil ein zum Hydrozylinder hin sperrendes Rückschlagventil angeordnet ist. Dies führt dazu, daß beim Anheben des Gegenhalters zwischen dem zweiten Anschluß der zweiten Maschine, der Druckseite der ersten Maschine und dem Stromventil der an der ersten Maschine eingestellte Druck herrscht. Zwischen dem Stromventil und dem Hydrozylinder herrscht Lastdruck. Während des Rückhubs des Gegenhalters herrscht im Hydrozylinder und in den Leitungen zwischen diesem und der Druckseite der ersten Maschine und dem zweiten Anschluß der zweiten Maschine der an der ersten Maschine eingestellte Druck.

Für den Fall, daß man den Pressenstößel für Einrichtarbeiten oder für Probelaufe bei ruhendem Gegenhalter bewegen will, ist gemäß Anspruch 26 ein Ventil vorgesehen, mit dem der Druckmittelstrom zum Hydrozylinder des Gegenhalters absperrbar ist.

Manchmal wird gewünscht, daß der Gegenhalter im Einricht- oder Probetrieb abgesenkt werden kann, ohne daß sich der Pressenstößel bewegt. Es ist denkbar, für eine solche Absenkung das Druckmittel aus dem Hydrozylinder über die erste hydrostatische Maschine abzulassen und dazu diese Maschine beidseitig schwenkend und mit einer Förderstromregelung auszustatten. Allerdings entläßt sich dann zunächst ein eventuell mit der Druckseite der Maschine verbundener Hydrospeicher bis auf den Lastdruck des Gegenhalters, ehe sich dieser bewegt. Eventuell bewegt sich der Gegenhalter ausgehend von einer Stellung unterhalb seines oberen Anschlags zunächst nach oben. Erreicht der Gegenhalter schließlich seinen unteren Anschlag, so entleert sich der Hydrospeicher weiter. Beim Einschalten des Antriebs ist es deshalb notwendig, den Hydrospeicher erst wieder auf den eingestellten Druck aufzuladen. Wegen dieser Nachteile ist gemäß Anspruch 27 vorgesehen, daß zwischen dem Hydrozylinder des Gegenhalters und einem Druckmittelvorratsbehälter ein Ventil geschaltet ist, über das unter Umgehung der ersten hydrostatischen Maschine aus dem Hydrozylinder Druckmittel zum Druckmittelvorratsbehälter ablaßbar ist.

Auch bei einem hydraulischen Antrieb gemäß Anspruch 23 und den weiteren Ausgestaltungen gemäß

den Ansprüchen 24 bis 27 ist die hydrostatische Maschine, die mechanisch mit dem Pressenstößel gekoppelt ist, vorteilhafterweise sekundärgeregt.

Mehrere Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen hydraulischen Antriebs für eine Presse sind in den Zeichnungen dargestellt. Anhand dieser Zeichnungen wird die Erfindung nun näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 schematisch das erste Ausführungsbeispiel, bei dem der Pressenstößel von einem Drehstrommotor mit konstanter oder geregelter Drehzahl und eine hydrostatische Maschine zum Bewegen eines Gegenhalters von einem weiteren Drehstrommotor angetrieben werden,

Fig. 2 schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem ein regelbarer Drehstrommotor sowohl den Pressenstößel als auch die hydrostatische Maschine antreibt,

Fig. 3 schematisch eine dritte Ausführung, bei der der Pressenstößel von einem drehzahlgeregelten Hydromotor angetrieben wird und ein Drehstrommotor mechanisch mit einer hydrostatischen Maschine zum Bewegen des Gegenhalters und mit einer Hydropumpe zum Antrieb des Hydromotors gekoppelt ist,

Fig. 4 schematisch eine vierte Ausführung, die derjenigen nach Fig. 3 ähnelt, bei der jedoch die hydrostatische Maschine zum Antrieb des Pressenstößels sekundärgeregt ist,

Fig. 5 schematisch eine fünfte Ausführung, bei der der Pressenstößel hydraulisch von einem Hydrozylinder angetrieben wird und mit der ersten hydrostatischen Maschine eine dritte und eine fünfte hydrostatische Maschine mechanisch gekoppelt sind, wobei der zweite Ausgang der fünften hydrostatischen Maschine mit dem Ölsammelbehälter verbunden ist,

Fig. 6 schematisch eine sechste Ausführung, die derjenigen nach Fig. 5 ähnelt, bei der jedoch ein Anschluß der dritten hydrostatischen Maschine mit dem auf der Seite des Hydrozylinders befindlichen Anschluß der ersten hydrostatischen Maschine verbunden ist,

Fig. 7 schematisch eine siebte Ausführung, die ebenfalls derjenigen nach Fig. 5 ähnelt, bei der jedoch ein Anschluß der dritten hydrostatischen Maschine mit dem auf der dem Hydrozylinder abgelegenen Seite befindlichen Anschluß der ersten hydrostatischen Maschine verbunden ist,

Fig. 8 schematisch eine achte Ausführung, die derjenigen nach Fig. 5 ähnelt, bei der jedoch der zweite Ausgang der fünften hydrostatischen Maschine mit der Preßzylinderkammer des den Pressenstößel bewegenden Hydrozylinders verbunden ist,

Fig. 9 schematisch eine neunte Ausführung, bei der der zweite Ausgang der fünften hydrostatischen Maschine mit einem Hydrospeicher verbunden ist, und

Fig. 10 schematisch eine zehnte Ausführung, die starke Ähnlichkeit mit der Ausführung nach Fig. 4 hat, bei der jedoch die Primäreinheit des sekundärgeregelten Antriebssystems für den Pressenstößel hydraulisch auch mit dem Hydrozylinder des Gegenhalters verbunden ist.

Die in den Figuren gezeigte Presse ist dafür geeignet, um aus Blech, aber auch aus Kunststofftafeln tiefgezogene Teile zu formen. Bei den Ausführungen nach den Fig. 1 bis 8 und 10 ist in einem Gestell 10 ein Pressenstößel 11 vertikal geführt. Er wird mechanisch über einen Kurbeltrieb, der eine sich in eine einzige Richtung drehende Kurbel 12 und eine Koppelstange 13 umfaßt, die an ihrem einen Ende gelenkig mit der Kurbel 12 und an ihrem anderen Ende gelenkig mit dem Stößel 11 verbunden ist, oder hydraulisch angetrieben.

Bei den Ausführungen nach den Fig. 1 bis 8 und 10 trägt der Stößel 11 auf seiner dem Pressentisch 14 zugewandten Seite eine Werkzeugmatrize 15. Auf dem Pressentisch 14 ist die zugehörige Werkzeugpatrize 16 befestigt. Die Werkzeugpatrize 16 wird umgeben von einem ringförmigen Gegenhalter 17, der über einzelne durch den Pressentisch 14 hindurchgeführte Bolzen 18 an einer Stützplatte 19, die sich unterhalb des Pressentisches 14 befindet, abgestützt ist. Die Stützplatte 19 wird vom Tauchkolben 20 eines Plungerzylinders 21 getragen, der an dem Gestell 10 sitzt und zentral zum Stößel 11 so angeordnet ist, daß der Tauchkolben 20 und mit ihm die Stützplatte 19, die Bolzen 18 und der Gegenhalter 17 Bewegungen in vertikaler Richtung ausführen können.

Auch bei der Presse nach Fig. 9 wird der Pressenstößel 11 hydraulisch angetrieben. Der Gegenhalter 17 wird von einer Platte gebildet, die von mehreren Hydraulikzylindern unterstützt ist. Auf nähere Einzelheiten der Ausführung nach Fig. 9 wird später eingegangen.

Bei der Ausführung nach Fig. 1 ist die Kurbel 12 über eine feste Kupplung 27 mechanisch mit einem Drehstrommotor 28 gekoppelt und kann von diesem in eine bestimmte Drehrichtung angetrieben werden. Der Drehstrommotor ist stromrichter gespeist, so daß seine Drehzahl einstellbar ist. Über die Koppelstange 13 wird die Drehbewegung der Kurbel 12 in eine hin und hergehende Bewegung des Stößels 11 umgewandelt. Wenn die Kurbel 12 mit einer konstanten Drehzahl dreht, wird der Stößel 11 sinusförmig bewegt.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 bis 8 ist eine hydrostatische Maschine 30, die als beidseitig schwenkende, mit einer Druckregelung versehene Axialkolbenmaschine ausgebildet ist, über eine feste Kupplung 31 mechanisch mit einem Drehstrommotor 32 gekoppelt. Beidseitig schwenkende hydrostatische Maschinen sind allgemein bekannt. Es sei lediglich nochmal erwähnt, daß es dieses Merkmal mit sich bringt, daß unter Beibehaltung der Drehrichtung der Volumenstrom innerhalb einer solchen Maschine und die Wirkrichtung des Drehmoments umgekehrt werden können.

Die Axialkolbenmaschine 30 ist auf der einen Seite über eine Leitung 33 mit dem Zylinder 21 und auf der anderen Seite mit einem Ölsammelbehälter 34 verbunden. Sie besitzt eine mengenabhängige Steuerung, der jedoch die Druckregelung übergeordnet ist.

Zum Heben des Tauchkolbens 20 wird die Axialkolbenmaschine 30 als Pumpe betrieben. Die Geschwindigkeit, mit der sich der Tauchkolben 20 dabei bewegt, ist durch die mengenabhängige Steuerung vorgegeben. Sobald die Stützplatte 19 gegen einen nicht näher gezeigten Anschlag am Gestell 10 stößt, steigt der Druck im Zylinder 21 bis auf den durch die Druckregelung vorgegebenen Wert an. Die Axialkolbenmaschine 30 fördert nur noch die Leckölverluste. In den Figuren ist die Stützplatte 19 in der Position gezeigt, in der sie an dem besagten Anschlag des Gestells anliegt. Man erkennt, daß der Gegenhalter 17 mit der dem Pressenstößel 11 zugewandten Oberseite der Werkzeugpatrize 16 fluchtet und unter ein auf die Werkzeugpatrize 16 aufgelegten Blech 35 ragt. Der Pressenstößel 11 fährt im Vorlauf des Vorhubs aufgrund seines Gewichts nach unten und klemmt schließlich aufgrund des im Zylinder 21 herrschenden Druckes das Blech zwischen der Werkzeugmatrize 15 und dem Gegenhalter 17 ein. Bei der weiteren Bewegung des Pressenstößels 11 nach unten während des Arbeitsspiels des Vorhubs wird der Gegenhalter 17 gegen den im Zylinder 21 herrschenden Druck mitgeführt, wobei das Blech zwischen Werkzeugmatrize

ze 15 und Gegenhalter 17 eingeklemmt bleibt und über die Werkzeugpatrize 16 gezogen wird. Das Druckmittel wird aus dem Zylinder 21 über die Axialkolbenmaschine 30 in den Ölsammelbehälter 34 verdrängt. Dabei arbeitet die Axialkolbenmaschine als Motor.

Bei der Ausführung nach Fig. 1 ist also die erste hydrostatische Maschine auch die zweite hydrostatische Maschine. Außerdem treibt diese Maschine bei der Ausführung nach Fig. 1 den Drehstrommotor 32 an. Es wird also Energie in das Stromnetz zurückgegeben.

Die Ausführung nach Fig. 2 unterscheidet sich von derjenigen nach Fig. 1 nur dadurch, daß die Axialkolbenmaschine 30, die über eine Leitung 33 mit dem Zylinder 21 verbunden ist, über die feste Kupplung 31 von dem Drehstrommotor 28 angetrieben wird, der auch die Kurbel 12 antreibt. Dabei wird die von der Axialkolbenmaschine 30 während des Rückhubs des Gegenhalters 17 abgegebene Leistung ohne Energieumwandlung direkt zur Bewegung des Pressenstößels ausgenutzt.

Die Ausführung nach Fig. 3 entspricht derjenigen nach Fig. 1 insofern, als die Axialkolbenmaschine 30 zum Antrieb des Tauchkolbens 20 mechanisch mit einem Drehstrommotor 32 gekoppelt ist und die erste und zweite hydrostatische Maschine ist. Gemeinsam mit der Axialkolbenmaschine 30 treibt der Drehstrommotor 32 eine Hydropumpe 40 (dritte hydrostatische Maschine) an, die in einem geschlossenen hydraulischen Kreislauf hydraulisch mit einem Hydromotor 41 (vierte hydrostatische Maschine) verbunden ist. Ohne daß dies näher dargestellt ist, wird die Leckage an der Hydropumpe 40 und am Hydromotor 41 in an sich bekannter Weise durch eine Hilfspumpe ersetzt, die aus einem kleinen Behälter permanent ein ausreichendes Flüssigkeitsvolumen über ein Rückschlagventil zur Niederdruckseite des geschlossenen Kreislaufs fördert. Der Hydromotor 41 treibt über die feste Kupplung 27 die Kurbel 12 an. Die Drehzahl des Hydromotors 41 soll weitgehend konstant, aber einstellbar sein. Der Hydromotor ist deshalb mit einem Tachogenerator 42 versehen, der die Drehzahl des Hydromotors 41 abgreift. Je nach der abgegriffenen Drehzahl wird die Hydropumpe 40 so geregelt, daß der geförderte Flüssigkeitsstrom zu einer weitgehend konstanten Drehzahl des Hydromotors 41 führt.

Auch bei der Ausführung nach Fig. 4 wird die Hydromaschine 30 von einem Drehstrommotor 32 über eine Kupplung 31 angetrieben und ist erste und zweite hydrostatische Maschine. Die Hydropumpe 40 ist durch eine hydrostatische Maschine 50 (dritte hydrostatische Maschine) und der Hydromotor 41 durch eine hydrostatische Maschine 51 (vierte hydrostatische Maschine) ersetzt. Beide hydrostatische Maschinen 50 und 51 sind bevorzugt Axialkolbenmaschinen. Diese Maschinen sind über eine Leitung 52 miteinander verbunden und jeweils an den Ölsammelbehälter 34 angeschlossen. An der Leitung 52 hängt ein Hydrospeicher 53. Mit Hilfe der druckgeregelten Axialkolbenmaschine 50 und des Hydrospeichers 53 wird in der Leitung 52 ein weitgehend konstanter Druck aufrechterhalten, der unabhängig von dem der Axialkolbenmaschine 51 bei konstanter Drehzahl abverlangten Drehmoment ist. Bei dem die Axialkolbenmaschinen 50 und 51 und den Speicher 53 enthaltenden Kreislauf handelt es sich also um einen sogenannten sekundärgeregelten Kreislauf, in dem die Drehzahl der Sekundäreinheit 51 mit Hilfe des Tachogenerators 42 abgetastet und auf einen weitgehend konstanten, aber einstellbaren Wert gehalten wird. Der Schwenkwinkel der Sekundäreinheit 51 wird über einen Regelvorgang der Größe des anstehenden Drehmo-

ments nachgeführt.

Wie schon erwähnt, wird bei der Ausführung nach Fig. 1 im Motorbetrieb der Axialkolbenmaschine 30 Energie ins Stromnetz zurückgegeben. Bei der Ausführung nach Fig. 2 wird im Motorbetrieb der Axialkolbenmaschine 30 der Drehstrommotor 28 direkt von der Axialkolbenmaschine 30 beim Drehen der Kurbel 12 unterstützt und dadurch die Stromentnahme aus dem Stromnetz reduziert. Gegenüber der Ausführung nach Fig. 1 muß die mechanischhydraulische Energie der Axialkolbenmaschine 30 nicht erst in elektrische Energie umgewandelt werden, um sie nutzen zu können. In der Ausführung nach Fig. 3 wird die Axialkolbenmaschine 30 im Motorbetrieb zum Antrieb der Pumpe 40 benutzt, so daß ebenfalls die Umwandlung der mechanisch-hydraulischen Energie in elektrische Energie vermieden wird. Die Ausführung nach Fig. 4 entspricht insofern derjenigen nach Fig. 3, jedoch wird dort die Drehzahl der Axialkolbenmaschine 51 wegen des sekundärregerten Kreislaufs besser eingehalten, als die Drehzahl des Axialkolbenmotors 41 der Ausführung nach Fig. 3. Dies erscheint wegen des Einflusses der Axialkolbenmaschine 30 auf die Axialkolbenpumpe 50 im Antriebsstrang des Pressenstößels 11 besonders günstig. Außerdem kann bei extremer Lastverteilung vom Gegenhalter über die Axialkolbenmaschine 30 anfallende Überschußenergie im Hydrospeicher gespeichert werden. Im übrigen können sowohl die Axialkolbenmaschine 30 als auch die Axialkolbenmaschine 50 über den Drehstrommotor 32 Leistung an das Stromnetz abgeben.

Bei den Pressen nach den Fig. 5 bis 8 ist anders als bei denjenigen nach den Fig. 1 bis 4 der Pressenstößel 11 vertikal geführt an der Kolbenstange 60 eines Kolbens 61 befestigt, der Teil eines Differentialzylinders 62 ist und hydraulisch auf und ab bewegt werden kann. Der Kolben 61 teilt das Innere des Differentialzylinders 62 in zwei Druckkammern 63 und 64 auf, von denen der kolbenstangenseitige Druckraum 63 als Rückhubzylinderkammer und der andere Druckraum 64, der sich über dem Kolben 61 befindet, als Preßzylinderkammer bezeichnet sein mögen. An jede der beiden Kammern 63 und 64 ist ein Drucksensor 65 bzw. 66 angeschlossen, der ein dem Druck entsprechendes elektrisches Ausgangssignal abgibt.

Zur Bewegung des Kolbens 61 im Differentialzylinder 62 ist eine Axialkolbenpumpe 70 (dritte hydrostatische Maschine) vorgesehen, die mit ihrem einen Ausgang 71 über eine Leitung 72 an die Preßzylinderkammer 64 und mit ihrem anderen Ausgang 73 bei den Ausführungen nach den Fig. 5, 7 und 8 an den Ölsammelbehälter 34 und bei den Ausführungen nach Fig. 6 über eine Leitung 74 an den Hydrozylinder 21 angeschlossen ist. Der Förderstrom durch die Axialkolbenpumpe 70 ist unter Beibehaltung der Drehrichtung umkehrbar. Der Förderstromsteuerung ist eine Druckregelung überlagert. Die Axialkolbenpumpe 70 ist mechanisch mit dem Elektromotor 32 gekoppelt, mit dem auch die Axialkolbenpumpe 30 verbunden ist. Insbesondere haben die Pumpen 30 und 70 die gleiche Antriebswelle.

Zu den hydraulischen Antrieben nach den Fig. 5 bis 8 gehört eine weitere Axialkolbenmaschine 80 (fünfte hydrostatische Maschine), die mit einem Ausgang 81 über eine Leitung 82 an die Rückhubzylinderkammer 63 angeschlossen ist. Bei den Ausführungen nach den Fig. 5 bis 7 ist sie mit ihrem anderen Ausgang 83 mit dem Ölsammelbehälter 34, bei der Ausführung nach Fig. 8 dagegen über die Leitung 72 mit der Preßzylinderkam-

mer 64 verbunden. Der Förderstrom durch die Axialkolbenmaschine 80 ist unter Beibehaltung der Drehrichtung umkehrbar. Der Förderstromsteuerung ist eine Druckregelung überlagert. Bei der Axialkolbenmaschine 80 nach Fig. 8 sind außerdem der Druckanschluß und der Sauganschluß miteinander vertauschbar.

Der eine Anschluß der hydrostatischen Maschine 30 ist bei den Ausführungen nach den Fig. 5 bis 8 über eine Leitung 33 mit dem Hydrozylinder 21 verbunden. Der andere Anschluß ist bei den Ausführungen nach den Fig. 5, 6 und 8 mit dem Ölsammelbehälter 34 und bei der Ausführung nach Fig. 7 über eine Leitung 75 mit der Leitung 72 verbunden.

Bei der Ausführung nach Fig. 5 fördert für den Rückhub des Kolbens 61 die Axialkolbenpumpe 80 ein bestimmtes Ölvolumen pro Zeiteinheit in die Rückhubzylinderkammer 63. Sie wird dabei förderstromgesteuert gefahren. Aus der Preßzylinderkammer 63 verdrängtes Öl fließt über die Axialkolbenpumpe 70 zum Ölsammelbehälter 34. Im Vorlauf des Vorhubs, während dessen sich der Pressenstößel unter seinem eigenen und dem Gewicht der Werkzeugmatrize 15 nach unten bewegt, ist die Axialkolbenmaschine 80 wiederum förderstromgesteuert und arbeitet als Motor. Der Förderstrom bestimmt die Senkgeschwindigkeit des Pressenstößels 11. Diese Steuerung kann während des Vorlaufs und während des Arbeitshubs beibehalten werden. Die Axialkolbenpumpe 70 ist während des Vorlaufs druckgeregelt bei niedrigem Druck und während des Arbeitshubs druckgeregelt beim hohen Preßdruck. Grundsätzlich ist es auch möglich, während des Arbeitshubs die Axialkolbenmaschine 80 druckgeregelt bei niedrigem Druck und die Axialkolbenpumpe 70 geschwindigkeitsgesteuert zu fahren. Dann muß jedoch nach dem Aufsetzen des Pressenstößels bei der Axialkolbenmaschine 80 von Geschwindigkeitssteuerung auf Druckregelung umgeschaltet werden. Während des Vorlaufs hält die Pumpe 70 einen niedrigen Druck in der Preßzylinderkammer 64 aufrecht. Im Rückhub bleibt die Pumpe 70 auf Druckregelung, wobei auch hier nur ein minimaler Betriebsdruck in der Preßzylinderkammer 64 aufrechterhalten wird, um Kavitation zu vermeiden. Die Axialkolbenmaschine 70 ist während des Rückhubs auf Förderstromsteuerung geschaltet, um eine definierte Hubgeschwindigkeit zu erzielen.

Auch bei der Ausführung nach Fig. 8 fördert die Axialkolbenmaschine 80 während des Rückhubs des Kolbens 61 ein bestimmtes Ölvolumen pro Zeiteinheit in die Rückhubzylinderkammer 63. Das Öl entnimmt sie über die Leitung 72 der Preßzylinderkammer 64. Öl, das aus der Preßzylinderkammer 64 verdrängt, jedoch nicht in die Rückhubzylinderkammer 63, die kleiner ist als die Preßzylinderkammer 64, gefördert wird, läuft über die Axialkolbenpumpe 70 in den Ölsammelbehälter 34 ab.

Während des Vorlaufs des Vorhubs des Pressenstößels baut sich in der Rückhubzylinderkammer 63 unter dem Eigengewicht des Pressenstößels 11 ein Druck auf, durch den Öl aus der Rückhubzylinderkammer 63 über die Leitung 82, die Axialkolbenmaschine 80 und die Leitung 72 in die Preßzylinderkammer 64 verdrängt wird. Die Sinkgeschwindigkeit des Pressenstößels 11 ist von dem eingestellten Schwenkwinkel der Axialkolbenmaschine 80 bestimmt, die während des Vorlaufs als Motor betrieben wird. Ein Ölvolumen, das dem Volumen der aus dem Zylinder 62 herausbewegten Kolbenstange 60 entspricht, wird von der Pumpe 70 in die Preßzylinderkammer 64 gefördert. Um deren vollständige Befüllung zu erreichen, ist die Pumpe 70 dabei auf Druckregelung



geschaltet und fördert genau soviel, daß in der Preßzylinderkammer 64 ein niedriger Druck aufrechterhalten wird.

Die Pumpe 70 der Ausführung nach Fig. 8 kann kleiner sein als die Pumpe 70 der Ausführung nach Fig. 5, da sie nicht die gesamte zum Füllen der Preßzylinderkammer 64 notwendige Ölmenge fördern muß. Wenn die geometrischen Hubvolumina der Axialkolbenmaschine 80 und der Axialkolbenmaschine 70 der Ausführung nach Fig. 8 so gewählt werden, daß das Verhältnis des Hubvolumens der Axialkolbenmaschine 80 zum Hubvolumen der Axialkolbenmaschine 70 dem Verhältnis der Ringfläche der Rückhubzylinderkammer 63 zur Fläche des Querschnitts der Kolbenstange 60 entspricht, können die Schwenkwinkel der Axialkolbenmaschine 80 und Axialkolbenmaschine 70 synchron verstellt werden.

Reicht das Gewicht des Pressenstößels 11 nicht aus, um das Blech 35 zu verformen (— dies wird durch Absinken des Lastdrucks an der Druckmeßdose 84 erkannt —), wird die Axialkolbenmaschine 80 bei Unterschreiten eines Mindestdruckes von Förderstromsteuerung in Druckregelung umgeschaltet, damit sie in der Rückhubzylinderkammer 63 einen Mindestdruck aufrechterhält, der Kavitation in der Axialkolbenmaschine 80 ausschließt. Gleichzeitig wird die Pumpe 70 von Druckregelung auf Förderstromsteuerung umgeschaltet, damit die Hubbewegung mit einer definierten Geschwindigkeit fortgesetzt wird.

Um evt. nach Beendigung des Arbeitsspiels eine definierte Anpreßkraft über eine bestimmte Halte- oder Materialfließzeit zu erzielen, wird auch die Pumpe 70 auf Druckregelung umgeschaltet. Diese Pumpe arbeitet auch als Speisepumpe für die Axialkolbenmaschine 80, so daß eine zusätzliche Einspeisung bei der Ausführung nach Fig. 8 nicht erforderlich ist.

Im Rückhub wird die Axialkolbenmaschine 80 wieder auf Förderstromsteuerung geschaltet und es stellt sich in der Rückhubzylinderkammer 63 der zum Heben des Pressenstößels erforderliche Lastdruck ein. Das aus der Preßzylinderkammer 64 verdrängte Öl wird den beiden Geräten 80 und 70 zugeführt, wobei die Pumpe 80 einen minimalen Druck aufrechterhält und somit immer für optimale Ansaugverhältnisse am Ausgang 83 der nun als Pumpe arbeitenden Axialkolbenmaschine 80 sorgt. Das überschüssige, dem Kolbenstangenvolumen entsprechende Ölvolume wird über die Pumpe 70 drucklos zum Ölsammelbehälter 36 geführt.

Bei den Ausführungen nach den Fig. 5 und 8 stellt die hydrostatische Maschine 30 die erste und zugleich die zweite hydrostatische Maschine dar.

Für das Verständnis der beiden Ausführungen nach den Fig. 6 und 7 sei von folgendem Funktionsablauf der Presse ausgegangen. In einem Schritt a) ruht der Kolben 20 in seiner untersten Position und der Kolben 61 fährt nach oben. In einem Schritt b) fahren der Kolben 20 und der Kolben 61 nach oben. In einem Schritt c) ruht der Kolben 20 in seiner obersten Position, während der Kolben 61 sich wieder nach unten bewegt. In einem letzten Schritt d) schließlich fahren der Kolben 20 und der Kolben 61 gemeinsam nach unten, wobei im Hydrozylinder 21 ein Gegenhaltedruck besteht.

Bei der Ausführung nach Fig. 6 fördert im Schritt a) die Maschine 80 Öl in die Rückhubzylinderkammer 63. Aus der Preßzylinderkammer 64 fließt Öl über die Leitung 72, die Maschine 70, die Leitung 74 und die Maschine 30 zum Tank 34. Im Schritt b) fördert die Maschine 80 weiterhin in die Rückhubzylinderkammer 63. Aus der Preßhubzylinderkammer 64 fließt Öl über die Maschi-

nen 70 und 30 in den Tank 34. Die Maschine 30 ist volumenstromgeregt, so daß über sie weniger Öl zum Tank abfließt als aus der Kammer 64 verdrängt wird. Der Überschuß an verdrängtem Öl gelangt in den Zylinder 21, so daß der Kolben 20 mit einer gewünschten Geschwindigkeit ausfährt. Im Schritt c) ist die Maschine 30 druckgeregt, wobei der eingeregelter Druck dem Gegenhaltedruck entspricht. Dieser Druck herrscht im Hydrozylinder 21 und in der Leitung 74. Die Maschine 30 fördert auch Öl zur Maschine 70, die als Motor dosiert Öl in die Preßzylinderkammer 64 fließen läßt und dabei druckgeregt einen niedrigen Druck in der Kammer 64 aufrechterhält. Im Schritt d) schließlich wird die Maschine 30 weiterhin als druckgeregelte Pumpe betrieben, weil das vom Hydrozylinder 20 verdrängte Ölvolume kleiner ist als das in die Kammer 64 des Zylinders 62 einzuspeisende Ölvolume. Die Maschine 70 wird je nach der Druckdifferenz zwischen dem Druck im Hydrozylinder 21 und dem Druck in der Kammer 64 als Motor (Druck im Hydrozylinder 21 höher als Druck in Kammer 64) oder als Pumpe (Druck im Hydrozylinder 21 niedriger als Druck in Kammer 64) betrieben und ist dabei druckgeregt.

Bei der Ausführung nach Fig. 6 strömt im Schritt d) Öl aus dem Hydrozylinder 21 über die Maschine 70 zur Kammer 64. Bei der Ausführung nach Fig. 6 ist also die Maschine 70 die dritte hydrostatische Maschine und zugleich die zweite hydrostatische Maschine.

Um den Stößel 11 der Ausführung nach Fig. 6 bei ruhendem Gegenhalter 17 allein bewegen zu können, kann man während einer solchen Bewegung die Maschine 30 mit einem solch niedrigen Druck in die Leitung 74 fördern lassen, daß dieser Druck nicht ausreicht, um den Kolben 20 ausfahren zu lassen. Wenn man mit einem höheren Druck der Maschine 30 arbeiten will und um die Sicherheit zu erhöhen, kann man in der Leitung 33 zwischen dem Anschlußpunkt der Leitung 74 an die Leitung 33 und den Hydrozylinder 21 ein Rückschlagventil 76 anordnen, das zum Hydrozylinder 21 hin sperrt und entsperrenbar ist. Zur alleinigen Bewegung des Kolbens 20 werden die Maschinen 70 und 80 auf Schwenkwinkel null gestellt.

Bei der Ausführung nach Fig. 7 fördert im Schritt a) die Maschine 80 Öl in die Kammer 63. Aus der Kammer 64 fließt Öl über die Maschine 70 zum Tank 34 ab. Die Maschine 30 ist auf Schwenkwinkel null gestellt.

Im Schritt b) fördert weiterhin die Maschine 80 Öl in die Kammer 63. Die Maschine 30 fördert aus der Leitung 75 volumenstromgeregt Druckmittel in den Hydrozylinder 21. Überschüssiges Öl aus der Kammer 64 fließt über die Maschine 70 zum Tank ab.

Im Schritt c) sind die Maschinen 30 und 70 auf Druckregelung geschaltet, wobei die Maschine 30 im Hydrozylinder 21 den Gegenhaltedruck und die Maschine 70 in der Preßhubzylinderkammer 64 einen niedrigen Druck aufrechterhält. Die Maschine 80 läßt als Motor dosiert Öl aus der Kammer 63 zum Tank 34 abfließen.

Im Schritt d) schließlich dosiert die Maschine 80 weiterhin. Die Maschinen 30 und 70 werden druckgeregt gefahren, wobei die Maschine 30 im Hydrozylinder 21 den Gegenhaltedruck und die Maschine 70 in der Preßhubzylinderkammer 64 den Preßdruck aufrechterhält. Ist der Gegenhaltedruck größer als der Preßdruck, so wird die Maschine 30 im Schritt d) als Motor betrieben. Ist der Gegenhaltedruck dagegen kleiner als der Preßdruck, so arbeitet die Maschine 30 als Pumpe. In jedem Fall strömt Öl, das aus dem Hydrozylinder 21 verdrängt wird, über die Maschine 30 ab. Deshalb ist die hydrosta-

tische Maschine 30 bei der Ausführung nach Fig. 7 wie bei den beiden Ausführungen nach den Fig. 5 und 8 als erste und zugleich als zweite hydrostatische Maschine zu betrachten.

Um den Kolben 20 allein bei ruhendem Stößel 11 zu verfahren, kann man das Fördervolumen der Maschine 70 bezüglich dem Fördervolumen der Maschine 30 so einstellen, daß sich in den Leitungen 72 und 75 kein wesentlicher Druck aufbaut. Aus Sicherheitsgründen ist es jedoch auch hier günstig, ein entsperbares Rückschlagventil 76 vorzusehen, daß nun in der Leitung 72 angeordnet ist und zur Preßhubzylinderkammer 64 hin sperrt.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Ausführungen nach den Fig. 6 und 7 besteht noch darin, daß bei der Ausführung aus Fig. 6 das Fördervolumen der Maschine 30 mindestens so groß wie das Fördervolumen der Maschine 70 sein muß, so daß bei einem großen Zylinder 62 zwei relativ große hydrostatische Maschinen notwendig sind. Bei der Ausführung nach Fig. 7 kann die Maschine 30 normalerweise wesentlich kleiner als die Maschine 70 sein, da der Kolben 20 wesentlich kleiner als der Kolben 62 ist.

Bei der Ausführung nach Fig. 9 ist ähnlich wie bei derjenigen nach Fig. 5 wiederum eine Verstellpumpe 70 mit einem Sauganschluß 73 an den Ölsammelbehälter 34 und mit dem Druckanschluß 71 über eine Leitung 72 unabhängig von der Axialkolbenmaschine 80 an die Preßzylinderkammer 64 angeschlossen.

Die in der Fig. 9 nur schematisch dargestellte Presse besitzt einen Pressenstößel 11, der an zwei Kolbenstangen 60 zweier vertikal angeordneter Differentialzylinder 62 befestigt ist. Der Kolben 61 eines Differentialzylinders 62 teilt dessen Inneres in eine kolbenstangenseitige, ringförmige Rückhubzylinderkammer 63 und in eine kolbenseitige Preßzylinderkammer 64 auf. Mit den Kolben 61 und den Kolbenstangen 60 kann der Pressenstößel 11 vertikal auf und ab bewegt werden.

Ein Gegenhalter 17 ist fest mit einem Tauchkolben 20 eines Plungerzylinders 21 verbunden und liegt auf den Kolbenstangen 100 mehrerer Differentialzylinder 101 auf, deren Inneres jeweils von einem Kolben 102 in eine kolbenstangenseitige Kammer 103 und eine kolbenseitige Kammer 104 aufgeteilt wird. Die beiden Kammern 104 sind gemeinsam mit dem einen Ausgang und die Kammern 103 gemeinsam mit dem anderen Ausgang eines 4/2-Wegeventils 105 verbunden, das elektromagnetisch betätigt werden kann. Von den beiden Eingängen des Wegeventils 105 ist der erste Eingang über eine Leitung 106 mit dem Druckanschluß der Axialkolbenmaschine 30 und der zweite Eingang über eine Leitung 107 mit dem Ölsammelbehälter 34 verbunden. In der Ruhestellung des Wegeventils 105 ist dessen erster Eingang gesperrt, während die beiden Ausgänge mit dem zweiten Eingang verbunden sind. In der Schaltstellung des Wegeventils 105 besteht eine Verbindung zwischen dem ersten Eingang zu den Kammern 104 und zwischen dem zweiten Eingang des Wegeventils 105 und den Kammern 103 der Differentialzylinder 101. Der Plungerzylinder 21 ist über ein zu ihm hin öffnendes Rückschlagventil 108 an die Leitung 107 und damit an den Ölsammelbehälter 34 und über ein zu ihm hin sperrendes Rückschlagventil 109 an die Leitung 106 und damit an den Druckanschluß der Axialkolbenmaschine 30 angeschlossen.

In der in der Fig. 9 gezeigten Ruhestellung des Wegeventils 105 können der Elektromotor 32 und die Axialkolbenmaschine 30 laufen, ohne daß die Möglichkeit

besteht, daß der Gegenhalter 17 hochfährt. In der Schaltstellung des Wegeventils 105 fördert die Axialkolbenmaschine 30 Öl in die Kammern 104 der Differentialzylinder 101, so daß der Gegenhalter 17 hochgehoben wird. Er schleppt dabei den Kolben 20 des Plungerzylinders 21 mit. In diesen strömt über das Rückschlagventil 108 Öl aus dem Ölsammelbehälter 34 nach. Während des Arbeitsspiels drückt der Pressenstößel 11 den Gegenhalter 17 nach unten, wobei die Axialkolbenmaschine 30 im Plungerzylinder 21 und in den Kammern 104 der Differentialzylinder 101 einen bestimmten Druck aufrechterhält und sowohl das aus den Kammern 104 als auch das aus dem Plungerzylinder 21 verdrängte Öl über die Axialkolbenmaschine 30 in den Ölsammelbehälter 34 abfließt. Die Axialkolbenmaschine 30 wird dabei als Motor betrieben und gibt Leistung an den Elektromotor 32 bzw. an die Axialkolbenmaschinen 80 und 70 ab.

Die Rückhubzylinderkammern 63 der beiden Differentialzylinder 62, die den Pressenstößel 11 bewegen, sind über eine Leitung 85 mit einem entsperbaren Rückschlagventil 86 verbunden, das zu den Rückhubzylinderkammern hin öffnet. Zum anderen ist das Rückschlagventil 86 über eine Leitung 87 an einen ersten Ausgang 81 einer ersten über Null verschwenkbaren Axialkolbenmaschine 80 angeschlossen, deren zweiter Ausgang 83 über eine Leitung 87 mit einem Hydrospeicher 88 verbunden ist, der als Kolbenspeicher ausgebildet ist. Dem Hydrospeicher sind zwei Gasflaschen 89 zur Vergrößerung des Gasvolumens und ein Gas-Sicherheitsventil 90 nachgeschaltet. Zwischen die Leitung 87 und einem Ölsammelbehälter 34, der oberhalb der Zylinder 62 angeordnet ist, ist ein entsperbares Rückschlagventil 91 eingefügt, das zum Ölsammelbehälter 34 hin sperrt.

Die Preßzylinderkammern 64 der beiden Zylinder 62 sind einerseits über jeweils ein hydraulisch entsperbares Rückschlagventil 92 großer Abmessungen mit dem Ölsammelbehälter 34 verbunden. Die beiden Rückschlagventile 92 sperren zum Ölsammelbehälter 34 hin. Andererseits sind die beiden Preßzylinderkammern 64 über eine Leitung 93, ein 2/2-Wegeventil 94 und eine Leitung 95 mit dem Druckanschluß 71 einer zweiten über Null verschwenkbaren Axialkolbenmaschine 70 verbunden, die mit ihrem Sauganschluß 73 an den Ölsammelbehälter 34 angeschlossen ist. Die beiden Axialkolbenmaschinen 70 und 80 sowie die Axialkolbenmaschine 30 werden wie bei den Ausführungen nach den Fig. 5 und 6 gemeinsam von einem Drehstromsynchronmotor 32 angetrieben. Der Förderstrom der beiden Axialkolbenmaschinen 70 und 80 kann über ein Servoventil stufenlos eingestellt werden, wobei der Schwenkwinkel elektrisch rückgemeldet wird. Zusätzlich ist eine Druck- und Leistungsregelung möglich. Die Verstell- und Regelmöglichkeiten sind durch die drei Buchstaben HSP angedeutet.

Zur Messung des Drucks in den Preßzylinderkammern 64 ist an die Leitung 93 ein Drucksensor 96 angeschlossen. Der Druck im Hydrospeicher 88 wird von einem an die Leitung 87 angeschlossen Drucksensor 97 gemessen.

Von der in Fig. 9 dargestellten gehobenen Position kann sich der Pressenstößel 11 aufgrund seines Eigengewichts nach unten bewegen, wenn das Rückschlagventil 86 aufgesteuert wird. Die Kolben 61 verdrängen dabei Öl aus den Rückhubzylinderkammern 63 über die Axialkolbenmaschine 80 in den Hydrospeicher 88. In die Preßzylinderkammern 64 fließt über die Rückschlag-



ventile 92 Öl aus dem Ölsammelbehälter nach. Der Volumenstrom, der über die Axialkolbenmaschine 80 fließt, kann durch eine elektro-proportionale Verstellung des Schwenkwinkels der Maschine bestimmt werden. Damit wird auch die Sinkgeschwindigkeit des Pressenstößels 11 festgelegt. Die potentielle Energie des Pressenstößels 11 wird somit während des Vorlaufs, in dem sich der Pressenstößel 11 aufgrund seines Eigengewichts bewegt, in Druckenergie gewandelt, die in dem Hydrospeicher 88 gespeichert wird. Die Drehzahl der Axialkolbenmaschine 80 ist durch den Elektromotor 32 festgelegt.

Für den Preßvorgang nach dem Aufsetzen des Pressenstößels 11 auf den Gegenhalter 17 öffnet das entsperrende Rückschlagventil 91, um die Ringfläche der Kolben 61 drucklos zu schalten. Für den nach dem Aufsetzen des Pressenstößels 11 auf den Gegenhalter 17 erfolgenden Preßvorgang wird in den Preßzylinderkammern 64 von der Axialkolbenmaschine 70, die bei geöffnetem Ventil 94 Öl in die Preßzylinderkammern 64 fördert, in diesen ein bestimmter Druck eingeregelt. Während des Preßvorgangs lädt die Axialkolbenmaschine 80 im Pumpenbetrieb den Hydrospeicher 88 mit kleinem Volumenstrom und somit geringer Leistungsaufnahme auf den gewünschten Ladezustand auf. Nach dem Preßvorgang schließt das Ventil 94 wieder.

Der Rückhub des Pressenstößels 11 erfolgt geschwindigkeitsgesteuert oder -geregelt, indem die Axialkolbenmaschine 80 im Hydrospeicher 88 gespeichertes Öl in die Rückhubzylinderkammern 63 fördert, wobei das Rückschlagventil 91 geschlossen ist. Der Elektromotor 32 muß hierbei nur das Moment für die Druckerhöhung des Volumenstroms vom Speicherdruck auf den für die Hubbewegung benötigten Beschleunigungs- und Lastdruck aufbringen. Während des Rückhubs wird aus den Preßzylinderkammern 64 Öl über die entspernten Rückschlagventile 92 in den Ölsammelbehälter 34 verdrängt. Durch die Nutzung der im Hydrospeicher 88 gespeicherten Energie für den Rückhub des Pressenstößels 11 kann die Antriebsleistung des Elektromotors 32 auf die zum Pressen erforderliche Leistung reduziert werden. Während des Pressens wird die Senkenergie des Gegenhalters 17 über die Axialkolbenmaschine 30 zum Antrieb der Axialkolbenmaschinen 80 und 70 genutzt, so daß sich die benötigte Antriebsleistung sogar noch um die zurückgewonnene Senkleistung reduziert. Somit braucht der Elektromotor zum Preßvorgang nur die Leistungs Differenz zwischen der Preßleistung für den Pressenstößel und der Preßleistung für den Gegenhalter 17 aufzubringen. Dadurch wird die Verlustleistung beträchtlich reduziert. Auch kann ein Elektromotor mit geringer Antriebsleistung verwendet werden.

Das Ventil 86 dient dazu, um den Pressenstößel 11 in einer gehobenen Position zu halten. Wird nämlich dieses Ventil geschlossen, so ist zwischen diesem Ventil und den Kolben 61 der Zylinder 62 eine Ölmenge eingespannt, die ein Absinken des Pressenstößels 11 verhindert. Es können dann Werkzeuge ausgetauscht oder Reparaturen vorgenommen werden.

Auch bei der Ausführung nach Fig. 10 ist eine hydrostatische Maschine, die als beidseitig schwenkende, mit einer bloßen Druckregelung versehenen Axialkolbenmaschine ausgebildet ist, über eine feste Kupplung 31 mechanisch mit einem Drehstrommotor 32 gekoppelt. Druckregelung bedeutet hier, daß der Schwenkwinkel der Maschine jeweils so eingestellt wird, daß von der Maschine als Pumpe ein solches Volumen an Druckmittel gefördert wird, daß sich an der Druckseite ein be-

stimmter Druck einstellt. Im vorliegenden Fall soll dieser Druck dem Druck entsprechen, der im Hydrozylinder 21 herrschen muß, damit das Blech 35 fest zwischen dem Gegenhalter 17 und der Werkzeugmatrize 15 eingeklemmt ist. Im Vergleich zur Ausführung nach Fig. 4 erkennt man, daß die hydrostatische Maschine von ihrer Regelung her der dortigen hydrostatischen Maschine 50 entspricht. Andererseits dient jedoch die von dem Motor 32 angetriebene hydrostatische Maschine nach Fig. 10 zum Anheben des Gegenhalters 17. Sie ist deshalb mit der Bezugszahl 30 versehen und als erste hydrostatische Maschine zu betrachten. Diese hydrostatische Maschine 30 gemäß Fig. 10 ist auf ihrer Druckseite über eine Leitung 33 mit dem Zylinder 21 und auf der anderen Seite mit dem Ölsammelbehälter 34 verbunden. In der Leitung 33 sind jedoch in Serie zueinander ein einstellbares Stromventil 120 und ein entsperbares Rückschlagventil 121 angeordnet, das zum Hydrozylinder 21 hin sperrt. Im Bypass zu dem Stromventil 120 ist ein Rückschlagventil 122 geschaltet, das ebenfalls zum Hydrozylinder 21 hin sperrt.

Die hydrostatische Maschine 51, die wie bei der Ausführung nach Fig. 4 mit einem Tachogenerator 123 gekoppelt ist, mit dem die Drehzahl der Maschine 51 abgegriffen wird, ist mit einem ersten Anschluß mit dem Druckmittelvorratsbehälter 34 und mit einem zweiten Anschluß über eine Leitung 52 unmittelbar, also unter Umgehung der Ventile 120, 121 und 122, mit der Druckseite der Maschine 30 verbunden. An die Leitung 52 ist noch ein Hydrospeicher 53 angehängt. Die hydrostatischen Maschinen 30 und 51 sowie der Speicher 53 gehören zu einem sekundäreregelten Kreislauf, in dem die Drehzahl der Maschine 51 geregelt wird. Durch Änderung des Schwenkwinkels sucht sich die Maschine jeweils selbsttätig das erforderliche Drehmoment, um bei dem jeweils vorhandenen Betriebsdruck in der Leitung 52 die vorgegebene Drehzahl halten zu können. Ist z. B. die Maschine etwas zu langsam, so wird der Schwenkwinkel vergrößert und damit das Drehmoment etwas erhöht, bis die Solldrehzahl erreicht ist.

Die Hydromaschine 30 ist als beidseitig schwenkend eingezeichnet. Der Antrieb sollte jedoch so ausgelegt sein, daß kein Abfluß von Druckmittel vom Tank über die Maschine 30 stattfindet.

Während dieses Abflusses würde die Maschine 30 als Motor betrieben werden und den Motor 32 antreiben, so daß Energie ins elektrische Netz eingespeist werden würde. Da die Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie mit großen Verlusten behaftet ist, sollte dies durch eine entsprechende Auslegung des Antriebs vermieden werden. Die Maschine 30 kann dann als einseitig schwenkende Maschine ausgebildet sein.

In dem in Fig. 10 gezeigten Zustand der Presse ist das Ventil 121 entspernt und im Hydrozylinder 21 und in der Leitung 52 herrscht der an der Maschine 20 eingestellte Druck, der dem Gegenhaltedruck entspricht. Der Stößel 11 fährt nach unten und nimmt schließlich den Gegenhalter 17 und damit den Kolben 20 mit. Aus dem Zylinder 21 wird Druckmittel verdrängt, das über das Rückschlagventil 122 und die Leitung 52 zur Maschine 51 und über diese zum Tank 34 fließt. Die Maschine 51 ist also die zweite hydrostatische Maschine. Nur zusätzliches, von der Maschine 51 benötigtes Druckmittelvolumen wird von der Maschine 30 gefördert. Das Ventil 121 kann nun kurzzeitig geschlossen werden, um allein den Stößel 11 hochzuheben. Zum Anheben des Gegenhalters 17 wird das Ventil 121 wieder entspernt, so daß Druckmittel von der Druckseite der Maschine 30 in den

Hydrozylinder 21 fließt, wobei der in der Leitung 52 herrschende, dem Gegenhaltedruck entsprechende, eingeregelter Druck über das Stromventil 120 auf den zum Anheben des Gegenhalters 17 einschließliche der Bolzen 18, der Stützplatte 19 und des Kolbens 20 notwendigen Lastdruck abgebaut wird.

Für den Einricht- und Probebetrieb kann es gewünscht sein, daß der Gegenhalter 17 ohne eine Bewegung des Pressenstößels 11 abgesenkt wird. Für diesen Fall ist ein einstellbares Drosselventil 124 vorgesehen, das an den Druckraum des Zylinders 21 angeschlossen ist und über das Druckmittel zum Tank 34 abgelassen werden kann. Im normalen Betrieb ist das Drosselventil 124 geschlossen.

Für einen alleinigen Einricht- oder Probebetrieb des Pressenstößels bei abgesenktem Gegenhalter bleibt das Ventil 121 gesperrt.

#### Patentansprüche

1. Hydraulischer Antrieb für eine Presse, insbesondere für eine Blechformpresse mit einem auf und ab bewegbaren Pressenstößel (11) und mit einem hydraulisch verfahrbaren Gegenhalter (17), der in einem Vorhub in Richtung auf den Pressenstößel (11) zu über mindestens einen Hydrozylinder (21, 101) von einer ersten hydrostatischen Maschine (30) und in einem Rückhub vom Pressenstößel (11) bewegbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die erste hydrostatische Maschine (30) insbesondere als Axialkolbenmaschine und insbesondere beidseitig schwenkend mit einer Druckregelung ausgebildet ist und daß zumindest während eines Teils des Rückhubs des Gegenhalters (17) Druckmittel aus dem Hydrozylinder (21, 101) über eine zweite hydrostatische Maschine (30, 51, 70) abströmt.
2. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite hydrostatische Maschine (30, 51, 70) während des Rückhubs als Hydromotor betreibbar und das Druckmittel aus dem Hydrozylinder (21) über sie verdrängbar ist.
3. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste hydrostatische Maschine (30) mit einer mengenabhängigen Steuerung versehen ist, der die Druckregelung übergeordnet ist.
4. Hydraulischer Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß während des Vorhubs der Gegenhalter (17) durch Beaufschlagung des Kolbens (102) zumindest eines ersten Hydrozylinders (101) mit Druck bewegbar ist, der Kolben (20) zumindest eines zweiten Hydrozylinders (21) vom Gegenhalter (17) mitschleppbar ist und ein Druckraum des zweiten Hydrozylinders (21) unabhängig vom Förderstrom der ersten hydrostatischen Maschine (30) mit Druckmittel füllbar ist und daß während des Rückhubs Druckmittel aus dem Druckraum des zweiten Hydrozylinders (21) über die zweite hydrostatische Maschine (30) abströmt (Fig. 9).
5. Hydraulischer Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß während des Vorhubs der Gegenhalter (17) durch Beaufschlagung des Kolbens (102) zumindest eines ersten Hydrozylinders (101) mit Druck bewegbar ist, der Kolben (20) zumindest eines zweiten Hydrozylinders (21) vom Gegenhalter (17) mitschleppbar ist und ein Druckraum des zweiten Hydrozylinders

(21) unabhängig vom Förderstrom der ersten hydrostatischen Maschine (30) mit Druckmittel füllbar ist und daß während des Rückhubs Druckmittel aus dem ersten Hydrozylinder (101) über die zweite hydrostatische Maschine (30) abströmt (Fig. 9).

6. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckraum des zweiten Hydrozylinders (21) über ein erstes, zum Druckraum hin öffnendes Rückschlagventil (108) befüllbar und über ein zweites Ventil (109), insbesondere ein zum Druckraum hin sperrendes Rückschlagventil (109), mit einem Anschluß der zweiten hydrostatischen Maschine (30) verbindbar ist.

7. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Rückschlagventil (109) ein entsperbares Rückschlagventil ist.

8. Hydraulischer Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste hydrostatische Maschine (30) zugleich auch die zweite hydrostatische Maschine ist (Fig. 1 bis 5, 7 bis 9).

9. Hydraulischer Antrieb nach einem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die von der zweiten hydrostatischen Maschine (30, 51, 70) dem Hydrozylinder entnommene Energie zumindest teilweise direkt zum Antrieb des Pressenstößels (11) ausnutzbar ist (Fig. 2 bis 10).

10. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für den Pressenstößel (11) eine Antriebseinheit (70, 80) vorhanden ist, die eine dritte verstellbare hydrostatische Maschine (70) umfaßt, deren einer Anschluß (73) mit dem auf der Seite des Hydrozylinders (21) befindlichen Anschluß der ersten hydrostatischen Maschine (30) verbunden ist (Fig. 6).

11. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für den Pressenstößel (11) eine Antriebseinheit (70, 80) vorhanden ist, die eine dritte verstellbare hydrostatische Maschine (70) umfaßt, deren einer Anschluß (73) mit einem Druckmittelvorratsbehälter und deren anderer Anschluß (71) mit dem auf der dem Hydrozylinder (21) abgelegenen Seite befindlichen Anschluß der ersten hydrostatischen Maschine (30) verbunden ist (Fig. 7).

12. Hydraulischer Antrieb nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß für den Pressenstößel (11) eine Antriebseinheit (28; 32, 40; 32, 50; 32, 70, 80) vorhanden ist, mit der die erste hydrostatische Maschine (30) zur Drehmomentübertragung mechanisch gekoppelt ist (Fig. 2 bis 9).

13. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinheit (32, 40; 32, 50; 32, 70, 80) eine verstellbare hydrostatische Maschine (40; 50; 70, 80) umfaßt, mit der die erste hydrostatische Maschine (30) zur Drehmomentübertragung mechanisch gekoppelt ist (Fig. 3 bis 9).

14. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 10, 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß eine dritte hydrostatische Maschine (40, 50) mechanisch mit der ersten hydrostatischen Maschine (30) und hydraulisch mit einer vierten hydrostatischen Maschine (41, 51) gekoppelt ist, die mechanisch mit dem Pressenstößel (11) gekoppelt ist (Fig. 3, 4).

15. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 10, 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Pressenstößel (11) von einem Hydrozylinder (62) mit einem

Preßkolben (61), der eine Preßzylinderkammer (64) und eine Rückhubzylinderkammer (63) voneinander trennt, in einem Vorhub und in einem Rückhub bewegbar ist, daß eine dritte hydrostatische Maschine (70) mit einem Ausgang (71) mit der Preßzylinderkammer (64) verbindbar ist und daß von der dritten hydrostatischen Maschine (70) zumindest während des Preßvorgangs Öl in die Preßzylinderkammer (64) förderbar ist (Fig. 5 bis 9).

16. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte hydrostatische Maschine (70) eine über Null verstellbare Axialkolbenmaschine ist.

17. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Pressenstößel (11) während seines Vorhubs in einem Vorlauf und einem Arbeitsspiel bewegbar ist, daß insbesondere die erste hydrostatische Maschine (30) mit einer fünften, volumenstromumkehrbaren hydrostatischen Maschine (80), insbesondere einer über Null verschwenkbaren Axialkolbenmaschine, mechanisch gekoppelt ist, und daß die fünfte hydrostatische Maschine (80) mit einem ersten Ausgang (81) an die Rückhubzylinderkammer (63) anschließbar ist und über sie während des Vorlaufs Öl aus der Rückhubzylinderkammer (63) verdrängbar ist.

18. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Ausgang (83) der fünften hydrostatischen Maschine (80) an den Ölsammelbehälter (34) angeschlossen ist (Fig. 5 bis 7).

19. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Ausgang (83) der fünften hydrostatischen Maschine (80) an die Preßzylinderkammer (64) anschließbar ist (Fig. 8).

20. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter Ausgang (83) der fünften hydrostatischen Maschine (80) an einen Hydrospeicher (88) angeschlossen ist (Fig. 9).

21. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückhubzylinderkammer (63) zum Ölsammelbehälter (34) über ein steuerbares Ventil (91) entlastbar ist, das nur während des Arbeitsspiels des Pressenstößels (11) offen ist, und daß während des Arbeitsspiels der Hydrospeicher (88) von der fünften hydrostatischen Maschine (80) über das Ventil (91) über den während des Vorlaufs des Pressenstößels (11) erreichten Zustand hinaus aufladbar ist.

22. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß während der weiteren Aufladung des Hydrospeichers (88) der Schwenkwinkel der fünften hydrostatischen Maschine (80) vorzugsweise elektronisch auf einen kleinen Wert begrenzt ist.

23. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite hydrostatische Maschine (51) mechanisch mit dem Pressenstößel (11) gekoppelt ist, daß ein erster Anschluß dieser Maschine (51) mit einem Druckmittelvorratsbehälter (34) verbunden ist und daß ein zweiter Anschluß dieser Maschine, der Hydrozylinder (21) des Gegenhalters (17) und die Druckseite der ersten, druckregelbaren und von einem Motor (32) antreibbaren hydrostatischen Maschine (30) hydraulisch miteinander verbunden sind (Fig. 10).

24. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 23, da-

durch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Anschluß der zweiten Maschine (51) und der Druckseite der ersten Maschine (50) einerseits und dem Hydrozylinder (21) andererseits ein vorzugsweise einstellbares Stromventil (120) angeordnet ist, das in die eine Bewegungsrichtung des Hydrozylinders (21) wirksam und in die andere Bewegungsrichtung unwirksam ist.

25. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß im Bypass zu dem Stromventil (120) ein zum Hydrozylinder (21) hin sperrendes Rückschlagventil (122) angeordnet ist.

26. Hydraulischer Antrieb nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Anschluß der zweiten Maschine (51) und der Druckseite der ersten Maschine (30) einerseits und dem Hydrozylinder (21) andererseits ein Ventil (121), mit dem der Druckmittelstrom zum Hydrozylinder (21) absperrrbar ist, insbesondere ein zum Hydrozylinder (21) hin sperrendes entsperrrbares Rückschlagventil (121) angeordnet ist.

27. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Hydrozylinder (21) und einem Druckmittelvorratsbehälter (34) ein Ventil (124) geschaltet ist, über das aus dem Hydrozylinder (21) Druckmittel zum Druckmittelvorratsbehälter (34) unter Umgehung der ersten hydrostatischen Maschine (30) ablaßbar ist.

28. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 14 oder nach einem der Ansprüche 23 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die mechanisch mit dem Pressenstößel (11) gekoppelte hydrostatische Maschine (51) die Sekundäreinheit eines auch eine hydrostatische Primäreinheit (30, 50) aufweisenden sekundärgeregelten Antriebs ist (Fig. 4 und 10).

29. Hydraulischer Antrieb nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß an die Verbindungsleitung (52) zwischen der Sekundäreinheit (51) und der Primäreinheit (30, 50) ein Hydrospeicher (53) angeschlossen ist.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

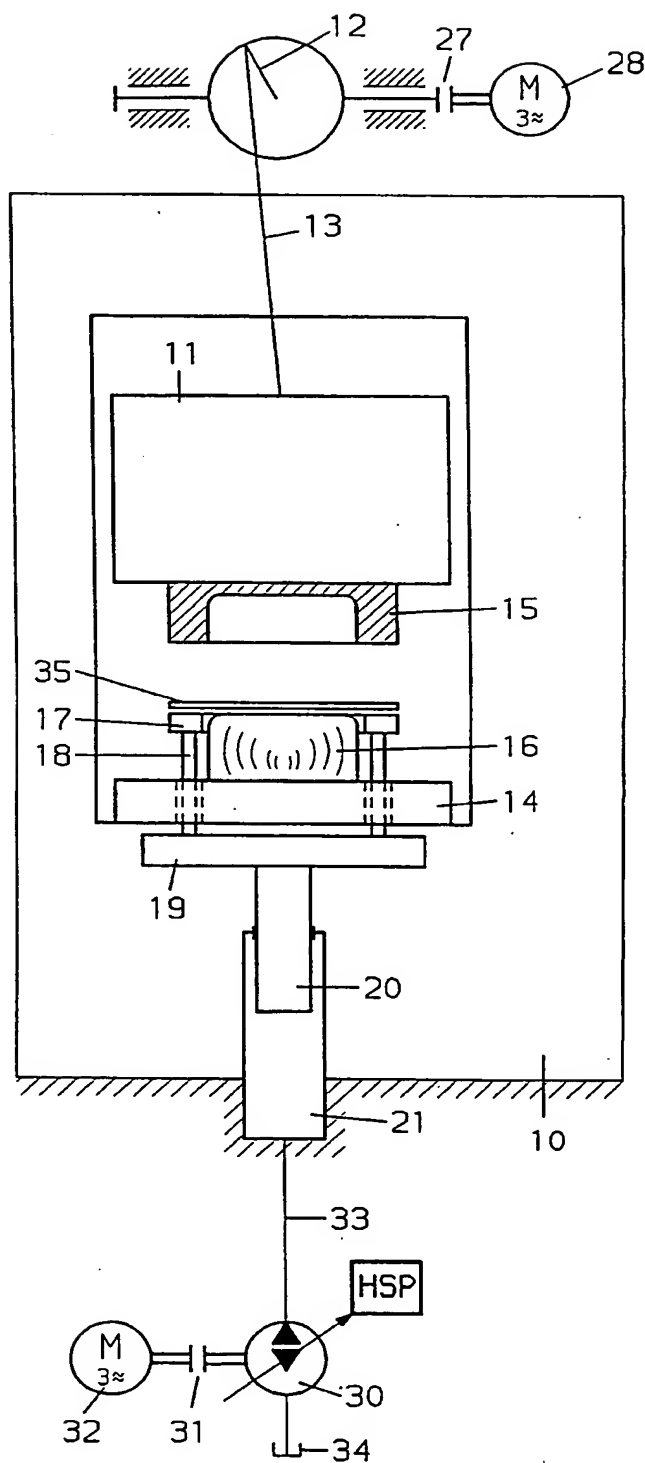


FIG. 1

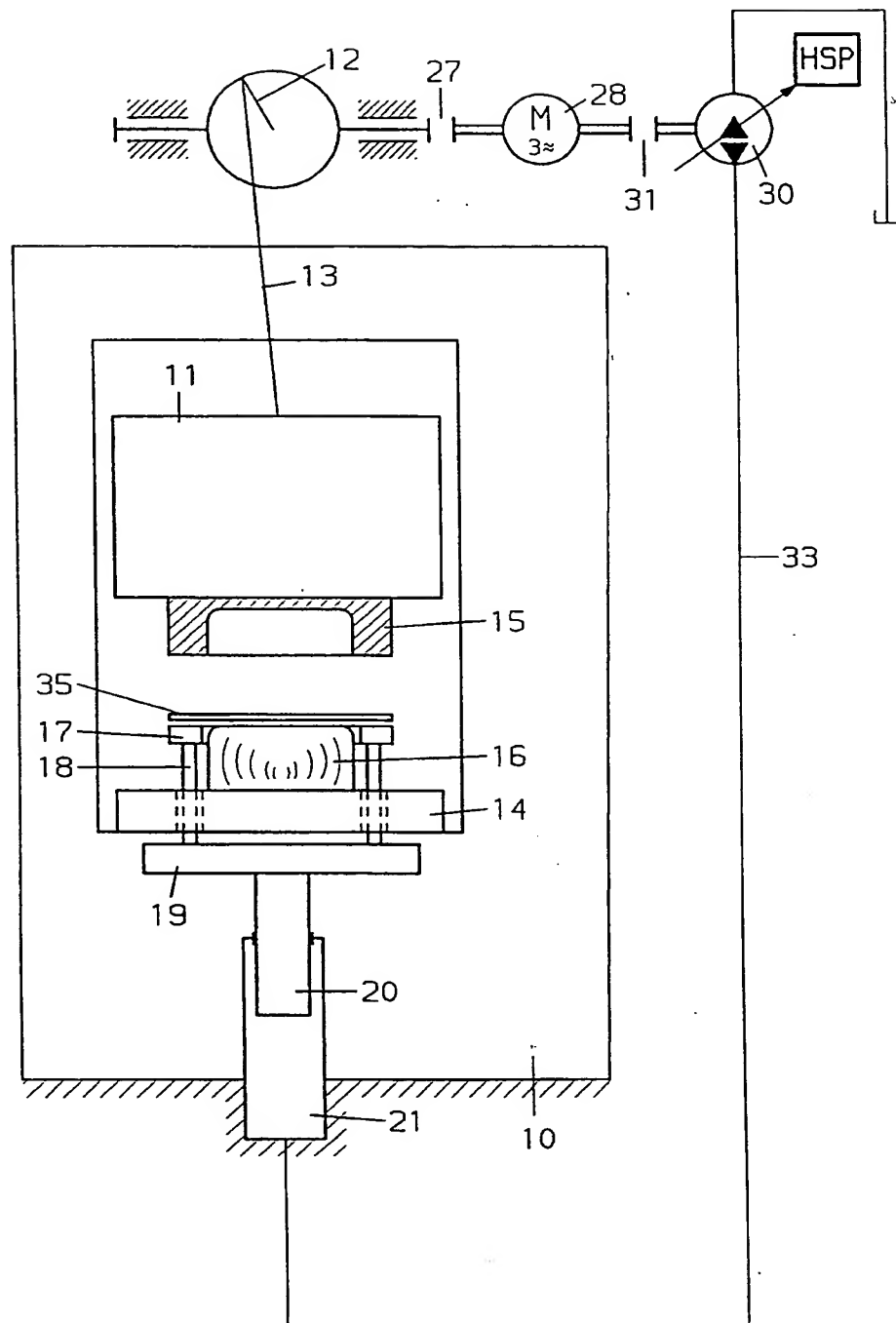
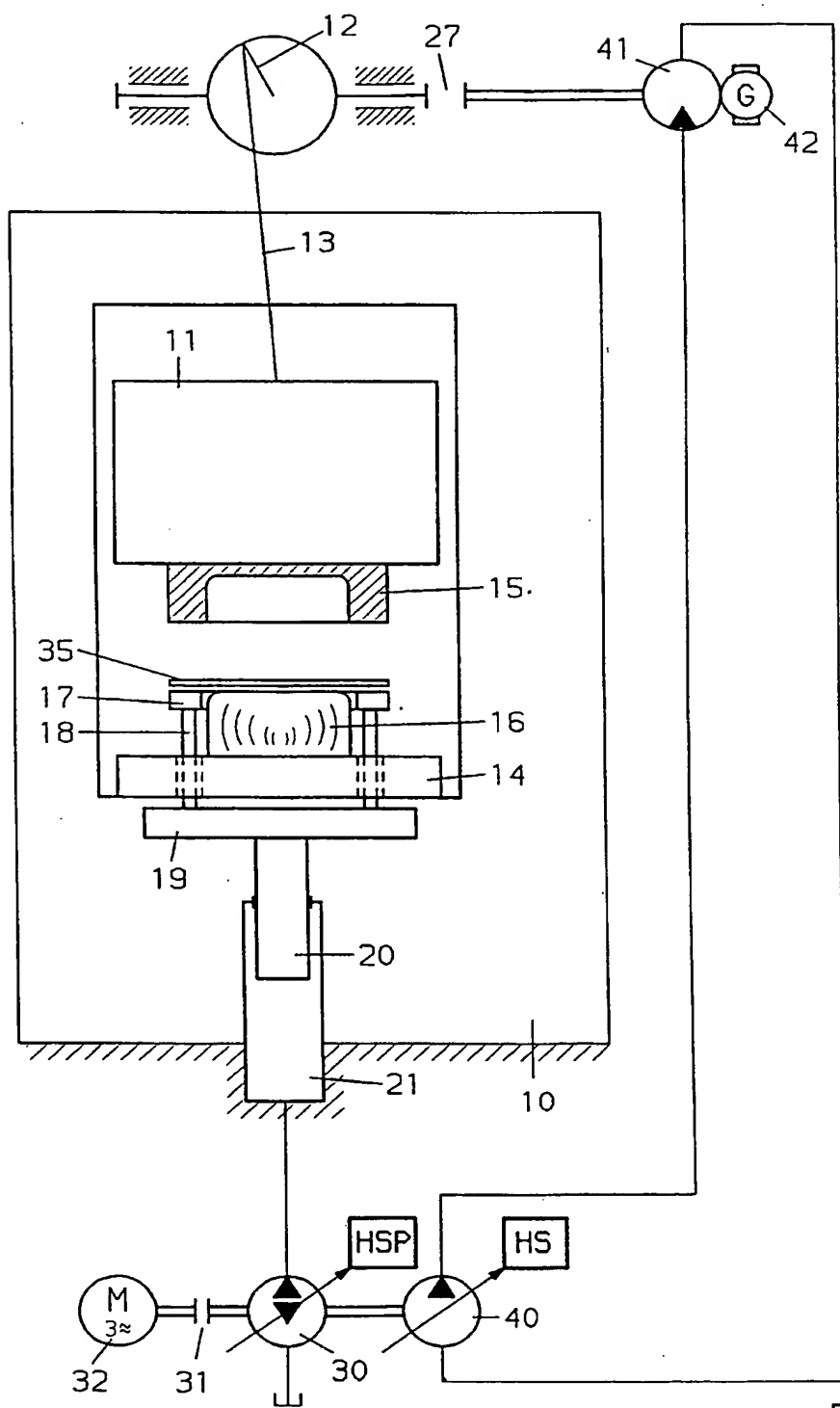


FIG. 2





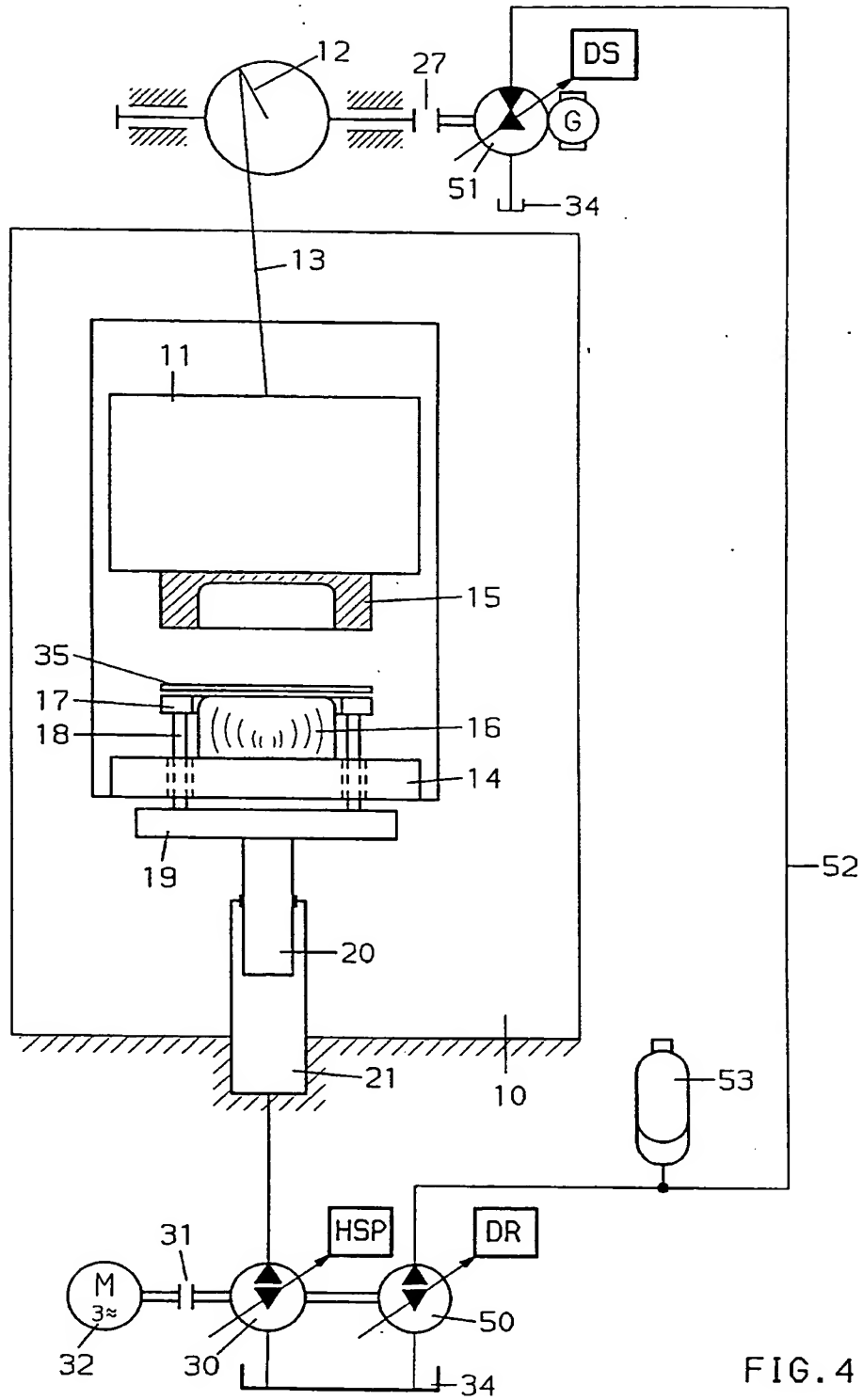


FIG. 4



FIG. 6

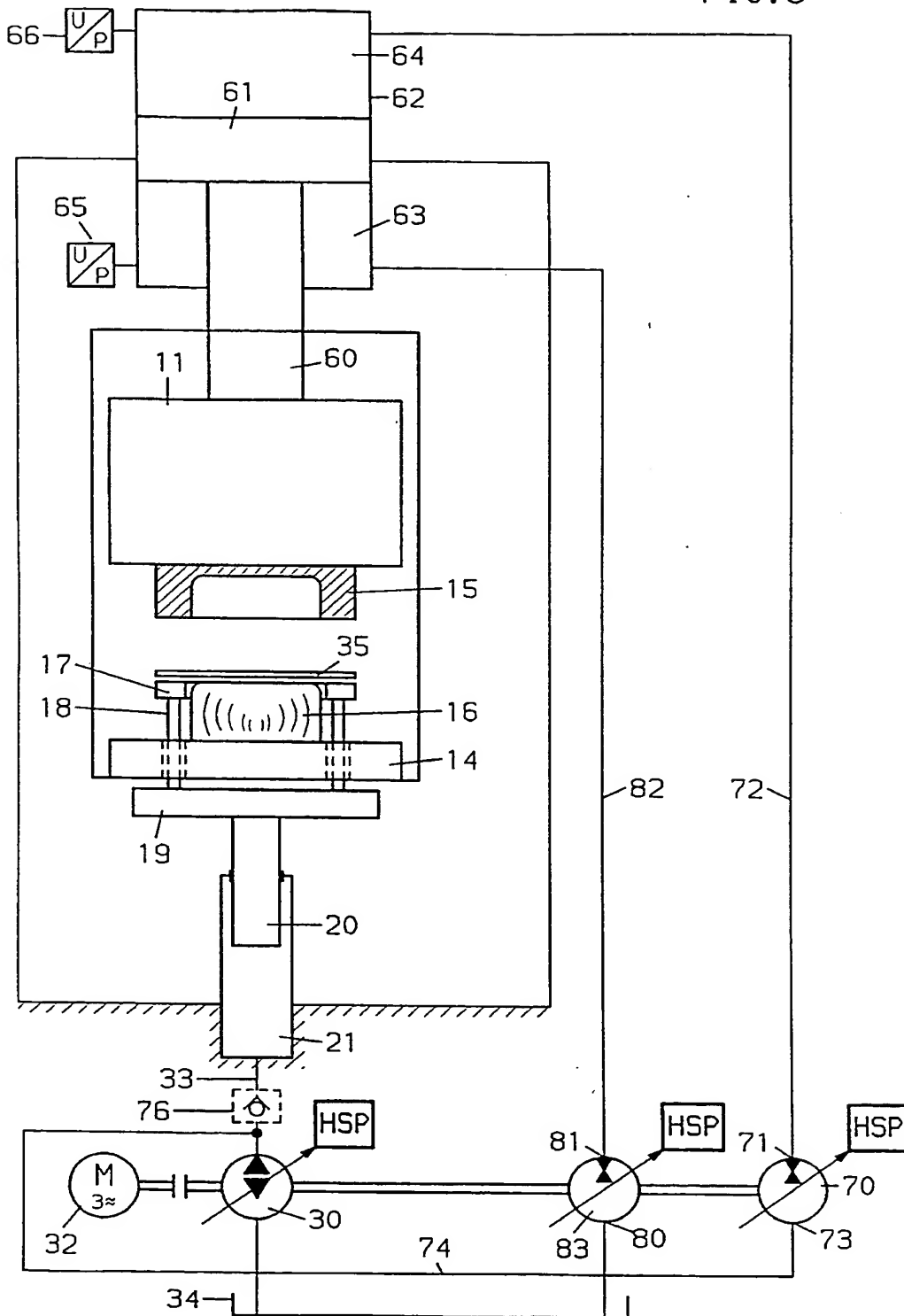


FIG. 7

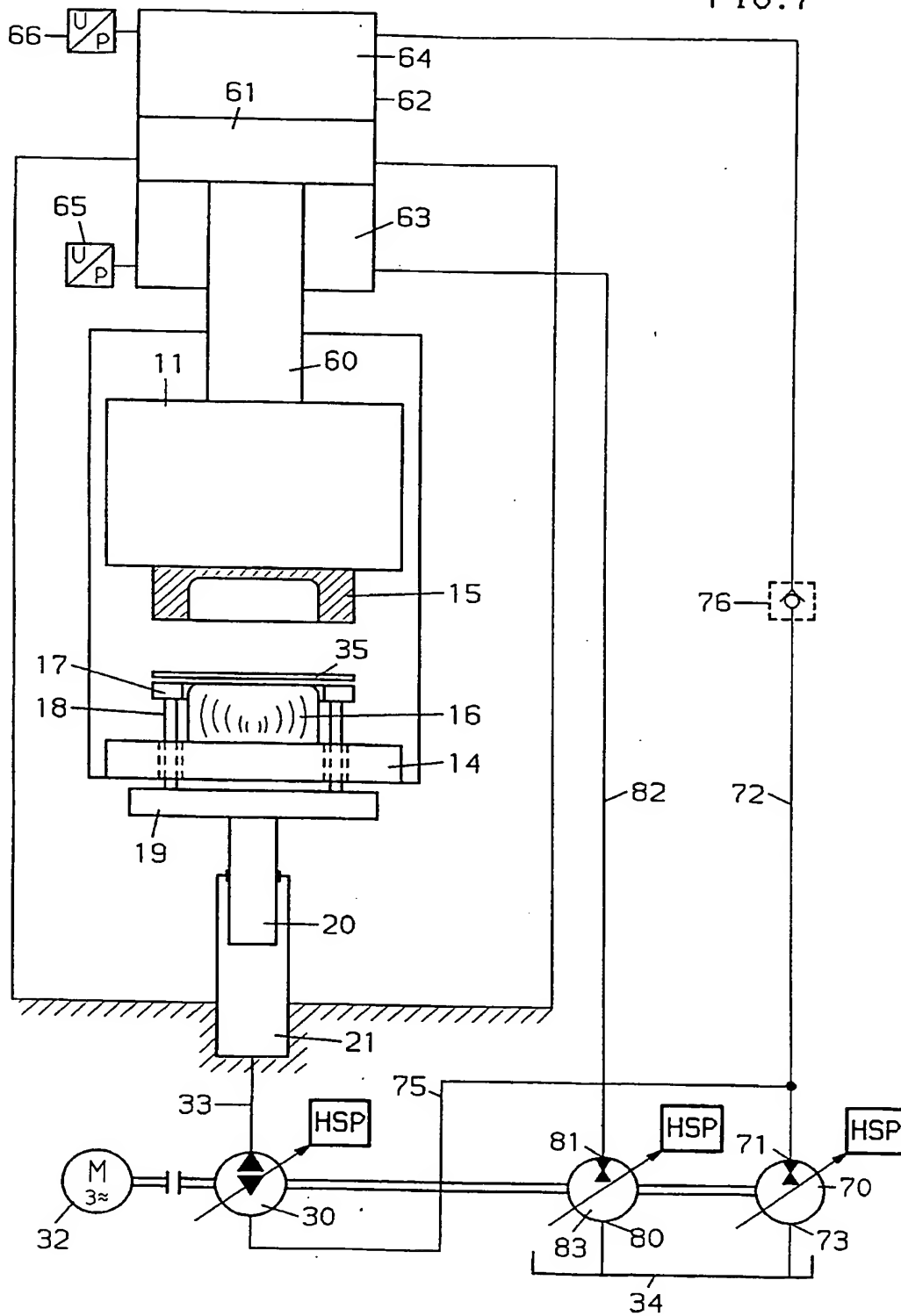
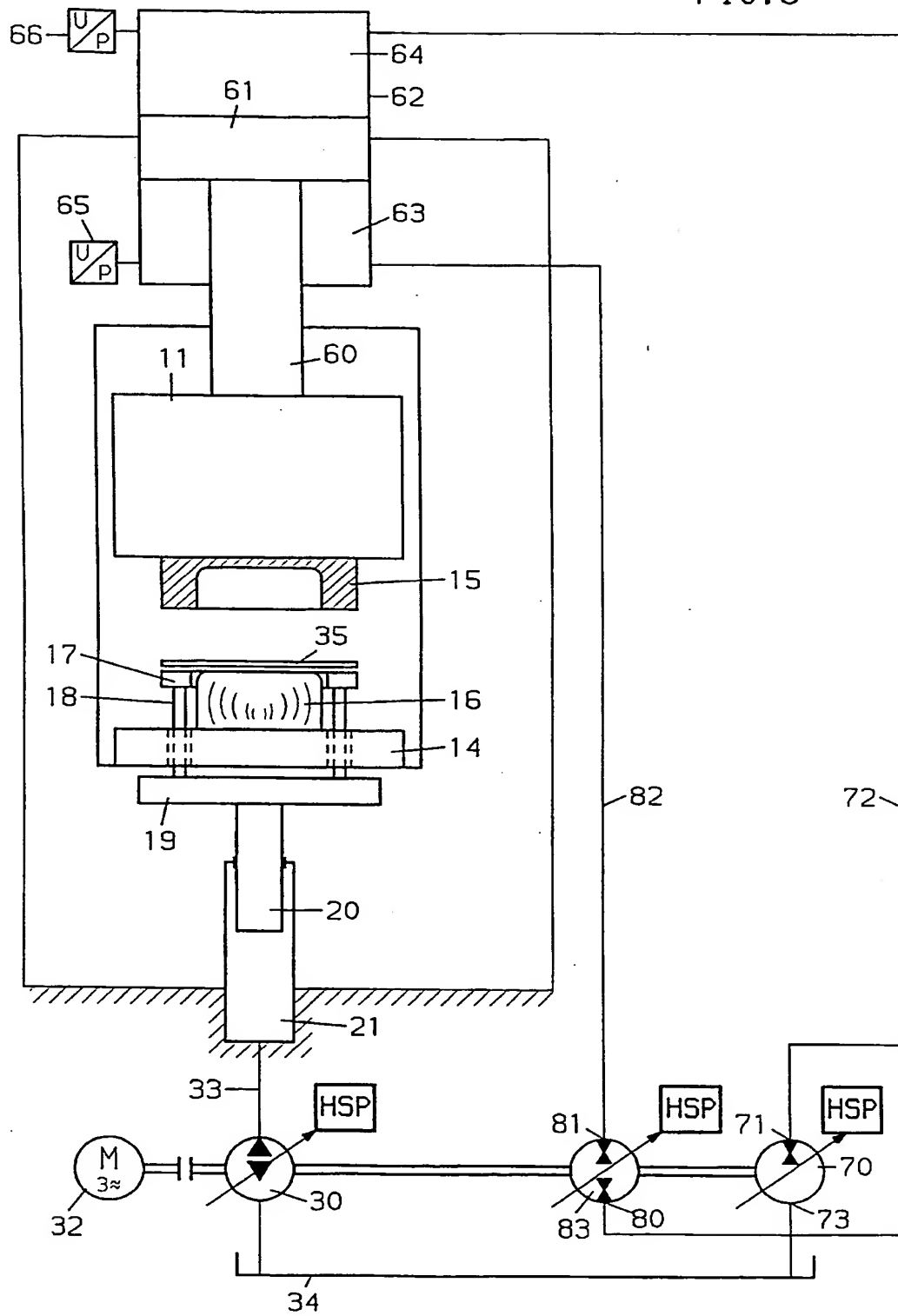


FIG. 8





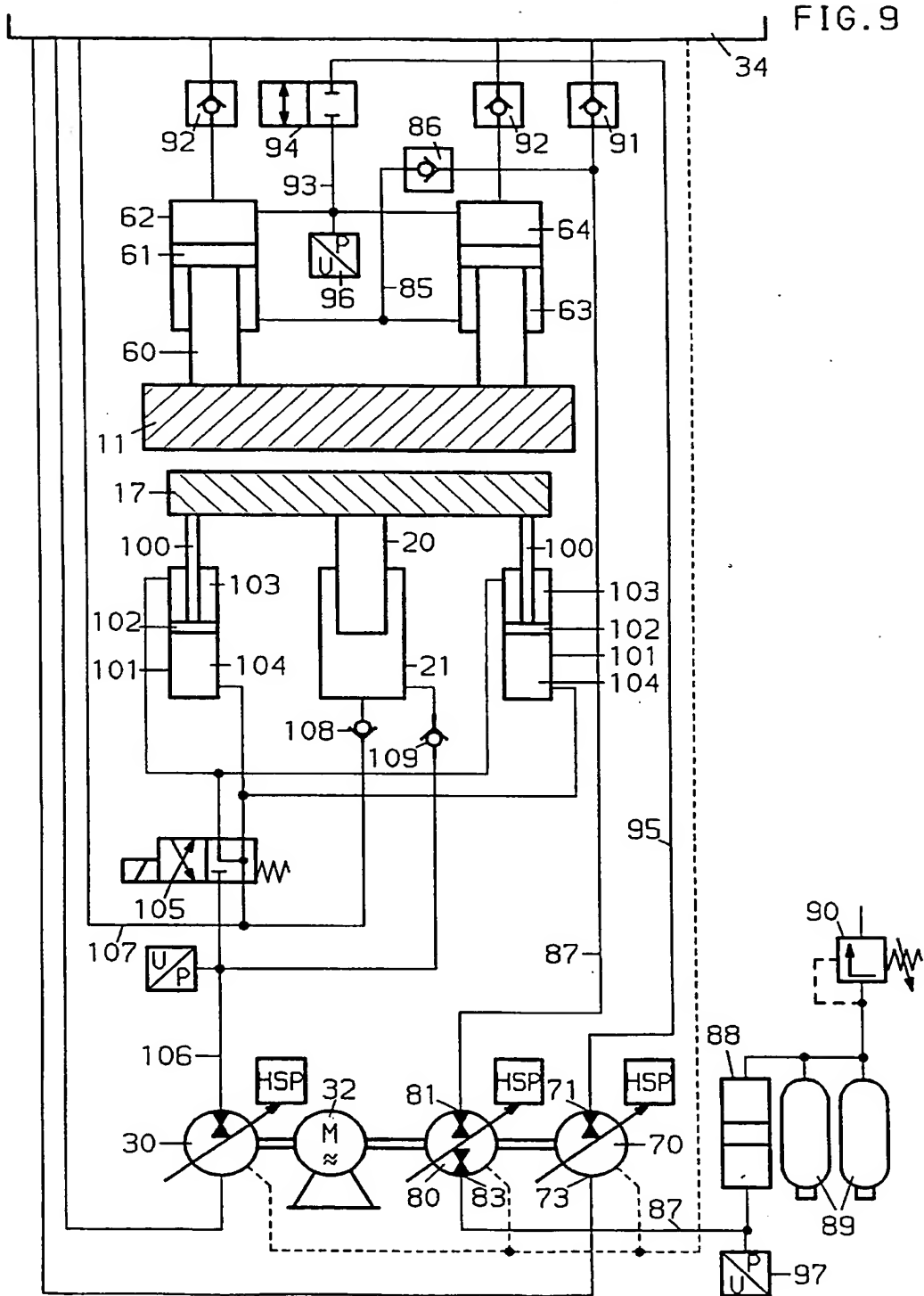
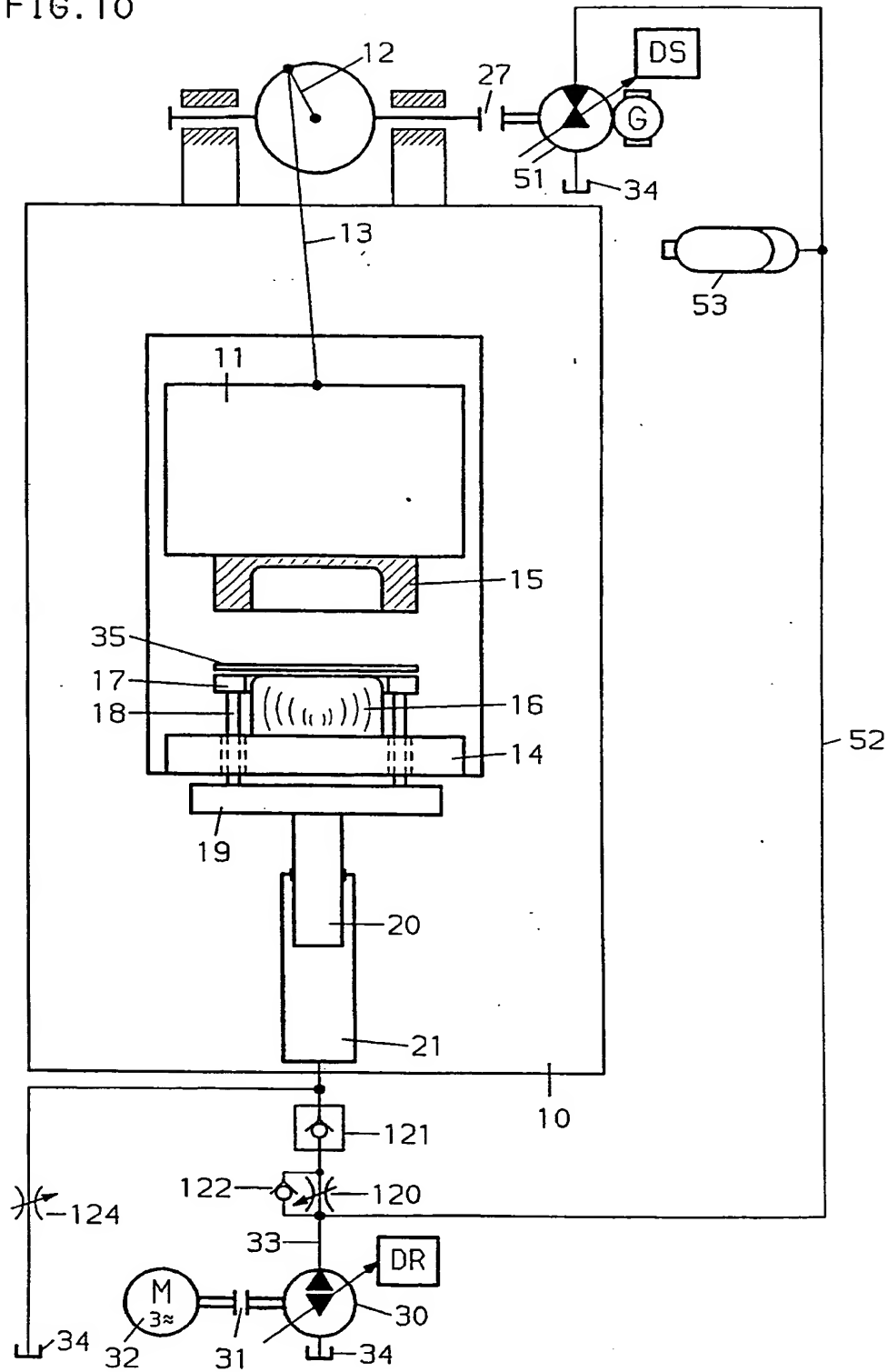


FIG. 10



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**